



**CATOLICA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA**

**PORTO**

Desenvolvimento de uma metodologia de  
avaliação aos tratamentos por evolução das  
úlceras diabéticas

por

**Ana Catarina de Sá Moreira**

Novembro de 2019





**CATOLICA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA**

**PORTO**

# Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação aos tratamentos por evolução das úlceras diabéticas

Tese apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica  
Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

por

**Ana Catarina de Sá Moreira**

Local: Centro Hospitalar e Universitário do Porto e Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto

Orientador: Professor Doutor Ricardo Vardasca

Coorientadora: Carolina Magalhães

Novembro de 2019



# Resumo

A *Diabetes Mellitus* (DM) é uma doença crónica, que apresenta uma prevalência de 13,3% (na população dos 20 aos 79 anos) em Portugal, com tendência crescente. A esta doença estão associadas muitas complicações, sendo uma delas o pé diabético. Desta forma, é essencial fazer uma monitorização, avaliação de risco e aferir os tratamentos. Técnicas possíveis para fazer esta monitorização baseiam-se por exemplo na caracterização da imagem em espectro visível e de infravermelhos.

A termografia por infravermelhos é uma modalidade de imagem utilizada para detetar alterações de temperatura nas úlceras diabéticas sem utilizar radiação ionizante nem pressupor qualquer contacto. A caracterização por imagem de espectro visível e utilização da ferramenta PUSH (Pressure Ulcer Scale for Healing) são também importantes métodos complementares, de imagem por espectro visível. Desta forma, a finalidade deste estudo é desenvolver uma métrica que consiga identificar a eficácia de um tratamento a úlceras diabéticas através da conjugação dos métodos: caracterização por imagem de espectro visível, escala PUSH e imagem térmica.

A metodologia utilizada baseou-se na aquisição de imagens térmicas por infravermelhos e de espectro visível conjugada com o resultado da escala PUSH das úlceras diabéticas de pacientes do CHUP (Centro Hospital e Universitário do Porto) e posterior tratamento das mesmas. Mais especificamente, recolheu-se informação sobre a área, percentagem de tecidos (saudável, não saudável, infetado e necrótico) e diferença de temperatura nas úlceras diabéticas.

Os resultados obtidos permitiram verificar a eficácia dos tratamentos para cada tipo de caracterização. Sendo que o tratamento mais eficaz pela caracterização termográfica é o “Antibiótico”, o menos eficaz na diminuição da área da úlcera diabética é “Pressão”, o menos eficaz na infeção é o “Gel Plaquetário” e no controlo do tecido necrótico são o “Curativo” e o “Cronocol”. Relativamente à escala PUSH, que permitiu avaliar de forma geral os tratamentos concluiu-se que os tratamentos menos eficazes são “Gel Plaquetário”, “Curativo”, “Octicet” e “Antibiótico”. Em suma, o tratamento que se mostrou mais eficaz, numa abordagem geral dos três métodos foi o “Inadine”. As correlações apresentadas nos resultados permitiram também concluir que a área é efetivamente um parâmetro que se correlaciona com a diferença de temperatura, uma vez que se verificou um  $\rho = 0,39$ .

Denota-se por fim, que, em alguns casos dever-se-ia fazer mais do que um tratamento ou tratamentos complementares de forma a não só atuar na cicatrização como também no tipo de tecido predominante na úlcera diabética.

**Palavras chave:** Avaliação do tratamento; Escala PUSH; Pé diabético; Termografia; Úlceras diabéticas;



# Abstract

Diabetes Mellitus (DM) is a chronic disease which has a prevalence of 13.3% (in the population aged 20 to 79 years) in Portugal, with an increasing tendency. There are many complications associated to this disease, one of which is the diabetic foot. Therefore, it is essential to monitor, assess risk and measure treatments. Some techniques for this monitoring are based for example on the characterization of visible and infrared spectrum image.

Infrared thermography is an imaging modality used to detect temperature changes in diabetic ulcers without using ionizing radiation or assuming any physical contact. Visible spectrum imaging characterization and the use of the Pressure Ulcer Scale for Healing (PUSH) tool are also important complementary visible spectrum imaging methods.

Thus, the purpose of this study is to develop a metric that can identify the effectiveness of a treatment for diabetic ulcers by combining the methods: visible spectrum image characterization, PUSH scale and thermal imaging.

The methodology used was based on visible spectrum and infrared thermal imaging combined with the result of the PUSH scale of diabetic ulcers of CHUP patients and subsequent treatment. This consisted in the acquisition of information about area, tissue percentage (healthy, unhealthy, infected and necrotic) and temperature difference of the diabetic ulcers.

The results allowed the verification of the effectiveness of the treatment for each type of characterization. The most effective treatment by thermographic characterization is "Antibiotic", the least effective in reducing the area of the diabetic ulcer is "Pressure", the least effective on the control of the infection is "Growth factors gel" and of the necrotic tissue is "Gauze" and "Cronocol". Regarding the PUSH scale, which allowed to evaluate the treatments over general, it was concluded that the less effective treatments are "Growth factors gel", "Gaze", "Octicet" and "Antibiotic". It follows that the most effective treatment based on the three methods together is "Inadine". The correlations presented in the results also allowed to conclude that the area is effectively a parameter that correlates with the temperature difference, since  $\rho = 0.39$  was verified.

Finally, it should be noted that, in some cases, more than one treatment or complementary treatments should be done in order not only to act on healing but also on the predominant type of tissue in diabetic ulcer.

**Keywords:** Diabetic foot; Diabetic ulcers; PUSH scale; Thermography; Treatment evaluation;





# Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Ricardo Vardasca, pela oportunidade, apoio, disponibilidade e consideração durante o desenvolvimento deste estudo. E também à minha coorientadora, Carolina Magalhães, pelo acompanhamento e sugestões de melhoria e ao Professor Doutor Joaquim Gabriel Mendes pela oportunidade, disponibilidade de materiais e simpatia.

Em seguida, dirijo um enorme agradecimento a todo o corpo clínico no departamento do pé diabético do Centro Hospital e Universitário do Porto, especialmente ao Dr. Rui Morais de Carvalho, ao Dr. Joel e à Dr. Rosa por todo o apoio durante o estudo, por me deixarem à vontade no departamento como se fosse da casa e por toda a ajuda no recrutamento de pacientes.

Agradecer também à minha família e amigos, especialmente aos meus pais Ana Cristina e Alfredo e o meu irmão André pela paciência e ajuda e ao Cristiano pelo apoio incondicional durante esta jornada.



# Índice

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Agradecimentos .....	9
Lista de Figuras .....	13
Lista de Tabelas .....	17
Capítulo I: .....	19
Enquadramento .....	19
1.1. Problema .....	19
1.2. Motivação .....	19
1.3. Finalidade .....	20
1.4. Objetivos gerais .....	20
1.5. Esquema de organização da dissertação .....	21
Capítulo II: .....	23
Revisão da Literatura .....	23
2.1. Diabetes .....	23
2.2. Pé diabético .....	24
2.3. Avaliação das úlceras .....	26
2.4. Tratamentos .....	27
2.4.1. Desbridamento .....	27
2.4.2. Antibióticos e Cronocol .....	27
2.4.3. Cremes Hidratantes .....	28
2.4.4. Gel plaquetário .....	28
2.4.5. Pensos não aderentes ou de baixa aderência: Gel multidex/Multidex Pó ...	28
2.4.6. Antisséptico: inadine e Octicet .....	29
2.4.7. Vácuo .....	30
2.4.8. Oxigenoterapia Hiperbárica .....	30
2.4.9. Feltro de Lã/Pressão .....	30
2.5. Caracterização de úlceras: imagem de espectro visual .....	32
2.6. Escala PUSH .....	32
2.7. Termografia por infravermelhos .....	33
2.7.1. Caracterização úlceras: imagem termográfica .....	35
Capítulo III: .....	37
Materiais e métodos .....	37

3.1. Descrição da amostra .....	37
3.2. Protocolo de recolha dos dados .....	39
3.2.1. Imagem térmica .....	39
3.2.2. Imagem de espectro visível .....	40
3.3. Protocolo da análise dos dados .....	40
3.3.1. Imagem visual .....	40
3.3.2. Escala PUSH.....	42
3.3.3. Imagem Térmica por Infravermelhos .....	42
3.4. Grupos de estudo .....	43
3.5. Análise estatística .....	44
Capítulo IV: .....	45
Resultados.....	45
4.1. Caraterização através da imagem térmica por infravermelhos .....	45
4.2. Caraterização por imagem de espectro visível.....	49
4.3. Caraterização por escala PUSH .....	63
4.4. Correlações .....	66
Capítulo V: .....	69
Discussão .....	69
5.1. Discussão.....	69
Capítulo VI: .....	73
Conclusão e Trabalhos Futuros .....	73
6.1. Conclusão .....	73
6.2. Trabalhos Futuros.....	73
Referências .....	75
Apêndices .....	79

# Lista de Figuras

Figura 1: Gráfico de organização da dissertação. ....	21
Figura 2: 1) Pé Neuropático; 2) Pé Isquémico (19).....	25
Figura 3: Inadine.....	29
Figura 4: Octicet como produto e modo de atuação (32) .....	30
Figura 5: Demonstração do tratamento com Feltro de Lã (36). ....	31
Figura 6: Espectro de radiação eletromagnética. ....	34
Figura 7: Organização do Capítulo III. ....	37
Figura 8: Gráficos circulares onde estão presentes as percentagens relativas ao tipo de pé diabético, amputação e tipo de diabetes.....	38
Figura 9: Câmara termográfica FLIR E60. ....	39
Figura 10: Captura das imagens térmicas. ....	40
Figura 11: Captura das imagens visíveis. ....	40
Figura 12: Fases do método de recolha e caracterização das imagens térmicas. ....	41
Figura 13: Metodologia do processamento das imagens através do MatLab (39). ....	41
Figura 14: Segmentação e posterior caracterização termográfica do segmento através do programa ThermaCAM Researcher Pro 2.10. ....	43
Figura 15: Gráfico referente à diferença de temperatura nas primeira e segunda consultas do grupo 1. ....	46
Figura 16: Gráfico referente à diferença de temperatura nas primeira e segunda consultas do grupo 2. ....	46
Figura 17: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 3.....	46
Figura 18: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 4.....	47
Figura 19: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 5.....	47
Figura 20: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 6.....	47
Figura 21: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 7.....	48
Figura 22 : Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 8.....	48
Figura 23: Variação da média da diferença de temperatura de cada tratamento ao longo das consultas. ....	49
Figura 24: Gráfico referente à área da úlcera nas primeira e segunda consultas do grupo 1. ..	50
Figura 25: Gráfico referente à área da úlcera nas primeira e segunda consultas do grupo 2. ..	50

Figura 26: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 3. ....	51
Figura 27: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 4. ....	51
Figura 28: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 5. ....	51
Figura 29: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 6. ....	52
Figura 30: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 7. ....	52
Figura 31: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 8. ....	52
Figura 32: Variação da média da área das úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas. ....	53
Figura 33: Gráficos referentes à percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera conseguida através da aplicação móvel do grupo 1. ....	54
Figura 34: Gráficos referentes à percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera conseguida através da aplicação móvel do grupo 2. ....	55
Figura 35: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 3. ....	56
Figura 36: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 4. ....	57
Figura 37: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 5. ....	58
Figura 38: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 6. ....	59
Figura 39: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 7. ....	60
Figura 40: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 8. ....	61
Figura 41: Variação da média da percentagem de tecido saudável nas úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas. ....	61
Figura 42: Variação da média da percentagem de tecido infetado nas úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas. ....	62
Figura 43: Variação da média da percentagem de tecido necrótico nas úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas. ....	62
Figura 44: Gráficos referentes à escala PUSH (App e MalLab) ao longo da primeira e segunda consulta do grupo 1. ....	63
Figura 45: Gráficos referentes à escala PUSH (App e MalLab) ao longo da primeira e segunda consulta do grupo 2. ....	63
Figura 46: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MalLab) entre consultas do grupo 3. ....	64
Figura 47: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MalLab) entre consultas do grupo 4. ....	64
Figura 48: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MalLab) entre consultas do grupo 5. ....	64

Figura 49: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MalLab) entre consultas do grupo 6. ....	65
Figura 50: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MalLab) entre consultas do grupo 7. ....	65
Figura 51: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MalLab) entre consultas do grupo 8. ....	66
Figura 52: Variação da média da escala PUSH total baseada no registo de MatLab das úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas. ....	66





# Lista de Tabelas

Tabela 1: Descrição da amostra. ....	38
Tabela 2: Caraterização de cada grupo de estudo. ....	43
Tabela 3: Número de pacientes em cada tratamento por consulta. ....	44
Tabela 4: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) dos resultados obtidos pela caraterização através dos termogramas de todos os pacientes na primeira consulta. ....	45
Tabela 5: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) na caraterização através da caraterização por imagem visível em MatLab de todos os pacientes na primeira consulta. ....	49
Tabela 6: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) na caraterização através da caraterização por imagem visível pela aplicação móvel de todos os pacientes na primeira consulta. ....	53
Tabela 7: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) na caraterização através da caraterização por escala PUSH de todos os pacientes na primeira consulta. ....	63
Tabela 8: Coeficiente de Correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre as caraterizações feitas a todos os pacientes na primeira consulta. *. A correlação é significativa ao nível 0,05 (bilateral); **. A correlação é significativa ao nível 0,01 (bilateral). ....	67



# Capítulo I:

## Enquadramento

*“I marvel that society would pay a surgeon a fortune to remove a person's leg – but nothing to save it!” George Bernard Shaw*

O presente documento apresenta-se como o trabalho desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular Tese de Mestrado, integrada no Mestrado em Engenharia Biomédica na Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa do Porto.

O estudo desenvolvido teve lugar no Centro Hospitalar Universitário do Porto (CHUP) no departamento do pé diabético e na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto sob orientação do Professor Doutor Ricardo Vardasca e a Carolina Magalhães.

O primeiro capítulo trata-se do enquadramento da dissertação, apresentando desta forma o seu problema e pertinência, bem como a sua finalidade, objetivos principais e um gráfico referente à organização do documento.

### 1.1. Problema

A *Diabetes Mellitus* é uma doença crónica, com uma prevalência de 13,3% (20-79 anos) em Portugal (1), e cada vez mais frequente, sendo que a possibilidade de contrair a doença aumenta de forma diretamente proporcional à idade apesar de poder atingir todas as idades e ambos os sexos. Esta doença é caracterizada pelo aumento dos níveis de glicose no sangue (Hiperglicemia) (2).

Uma das complicações recorrentes mais comuns da diabetes é a ulceração do pé diabético. Cerca de 5-7% dos pacientes são afetados com ulceração do pé que está associada à doença vascular periférica e neuropatia periférica e o risco de desenvolver ao longo da vida chega a atingir os 25% (2).

### 1.2. Motivação

Sendo o pé diabético uma complicação bastante grave da qualidade de vida dos doentes com diabetes, é essencial fazer uma monitorização, avaliação de risco e possível tratamento do mesmo. Quando a úlcera do pé fica comprometida devido a uma infeção há a probabilidade de amputação que é também bastante frequente (3). Isto acontece uma vez que um dos sintomas da diabetes é a perda de sensibilidade nas extremidades do corpo e como tal, o paciente só se

apercebe da lesão quando esta já se encontra num estado muito avançado, tornando o tratamento mais complexo (4).

### 1.3. Finalidade

A finalidade deste estudo é desenvolver uma métrica que consiga identificar a eficácia de um tratamento a úlceras diabéticas através da conjugação dos métodos: caracterização por imagem de espectro visível, escala PUSH e por imagem térmica por infravermelhos.

### 1.4. Objetivos gerais

Tendo em conta esta problemática, a termografia, também designada por imagiologia por infravermelhos pode ser uma modalidade utilizada de forma a detetar alterações de temperatura nas úlceras diabéticas. A imagem térmica infravermelha tem sido usada em medicina desde o início dos anos 60. Os primeiros sistemas de imagens eram de grandes dimensões, com recursos muito limitados para medição de temperatura e exibição. Na década de 1970 o processamento de imagens, por computador, de termogramas tornou-se possível, com maiores possibilidades de quantificação e arquivamento de imagens. Esta técnica é bastante segura uma vez que ao contrário de outras modalidades de imagiologia, não utiliza radiação ionizante. A termografia é uma técnica usada na área médica que permite registar a distribuição da temperatura da superfície da pele. As imagens recolhidas através desta técnica fornecem informações fisiológicas subjacentes ao fluxo sanguíneo, vasoconstrição/vasodilatação, inflamação, transpiração ou outros processos que possam contribuir para a variação da temperatura da pele.

Combinando a imagem médica termográfica com a imagem visível será possível obter uma correlação de ambas as técnicas que ajudará na monitorização das úlceras diabéticas.

As úlceras são um dos casos mais comuns de feridas crónicas e podem ser categorizadas em diferentes tipos. A eficácia do tratamento depende diretamente da avaliação obtida, sendo uma avaliação regular importante para determinar a sua cicatrização com base na redução ou aumento da área percentual e para ajustes no tratamento. No entanto, atualmente, existem vários problemas associados a esta avaliação das feridas. Os esforços para avaliar automaticamente as feridas foram feitos globalmente através de técnicas de processamento de imagem com vista a reduzir os custos de assistência médica e sofrimento do paciente. Através da imagem visível foi então possível criar uma metodologia que caracteriza as úlceras crónicas consoante a área das mesmas e composição do tecido.

Existem outros métodos de caracterização da úlcera através de imagem visível, como a escala PUSH (Pressure Ulcer Scale for Healing). Esta é uma escala utilizada para acompanhar a cicatrização das úlceras em diferentes situações de cuidado médico. Esta escala mede o processo de cicatrização das úlceras em pés diabéticos. São utilizados três fatores para avaliar

a condição da ferida: o seu tamanho (cm<sup>2</sup>), o tipo de tecido existente no leito da ferida e a quantidade de exsudato (fluido excretado aquando de uma inflamação).

O objetivo principal deste estudo será desenvolver uma métrica que consiga identificar a eficácia de um tratamento, relacionando a caracterização por imagem visível, através da ferramenta PUSH e por imagem térmica.

## 1.5. Esquema de organização da dissertação

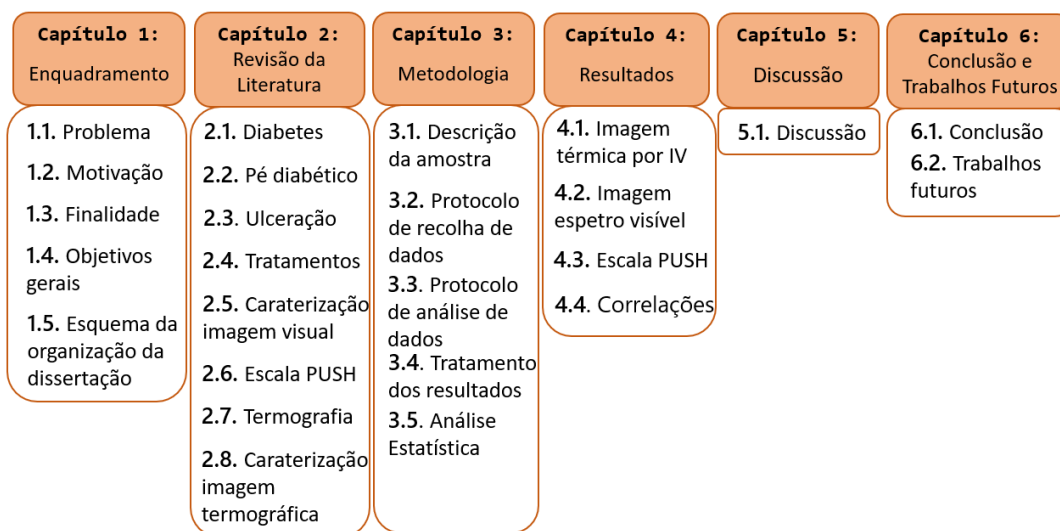


Figura 1: Gráfico de organização da dissertação.



# Capítulo II:

## Revisão da Literatura

O segundo capítulo diz respeito à contextualização teórica através de uma revisão literária. Neste capítulo insere-se a complicação do pé diabético bem como a avaliação das úlceras diabéticas e alguns dos tratamentos utilizados aquando desta condição. Explicita-se também a caracterização por imagem de espectro visível e térmica por infravermelhos.

### 2.1. Diabetes

Mais de 415 milhões de pessoas sofrem de diabetes no mundo (5), sendo que em Portugal a prevalência da mesma é de 13,3% (para uma população na faixa etária de 20-79 anos) (2).

A *Diabetes Mellitus*, vulgarmente conhecida por diabetes, foi primeiramente identificada em 1500 a.C. por egípcios quando denotaram alguns casos em que a quantidade de urina era fora do normal (6). Alguns anos depois, na Índia, físicos deram o nome de *madhumeha* (urina doce) porque esta atraía muitas formigas (6). Só posteriormente, os físicos Sushruta e o cirurgião Charaka identificaram os dois tipos de diabetes e deram o nome que se manteve até hoje (6).

Atualmente, a diabetes é uma doença crónica de natureza metabólica, caracterizada por hiperglicemia, isto é, elevada quantidade de glicose na corrente sanguínea. Este fenómeno está relacionado com a insulina que é uma hormona produzida no pâncreas que facilita a absorção de glicose pelas células (7)(8). A hiperglicemia crónica ocorre quando a secreção de insulina é insuficiente sendo que esta deficiência está associada ao dano a longo prazo, disfunção e falha por parte de diferentes órgãos, especialmente pé, rins, olhos, nervos, coração e vasos sanguíneos levando a complicações como o pé diabético, a retinopatia, a nefropatia e doenças cardiovasculares, respetivamente (2)(8)(9). Estas complicações evoluem de forma silenciosa e muitas vezes já estão em estado avançado quando são detetadas (10). É por isso necessário um controlo rigoroso de todos os parâmetros que são afetados (2).

Existem três tipos de diabetes: tipo 1, tipo 2 e gestacional que são caracterizados por diferentes causas, características e sintomas (11). A diabetes tipo 1 é apresentada por cerca de 5% a 10% dos diabéticos e deve-se à destruição das células  $\beta$  do pâncreas (12)(13). O seu diagnóstico é normalmente feito na infância ou adolescência uma vez que esta ocorre devido a fatores genéticos. Este tipo de diabetes caracteriza-se pela destruição das células do pâncreas que produzem insulina, sendo os sintomas mais frequentes: vontade frequente de urinar, boca muito seca, perda de peso e o tratamento associado é o uso diário de insulina, alimentação com baixa quantidade de hidratos de carbono e a prática regular de exercício físico (11). A diabetes

tipo 2 é mais comum, sendo que 90% a 95% dos diabéticos apresentam este tipo de diabetes (13). Contrariamente à diabetes tipo 1, esta só é diagnosticada na idade adulta (a partir dos 40 anos) sendo que as causas para o seu aparecimento são fatores genéticos, mas também maus hábitos alimentares e de rotina, como por exemplo o excesso de consumo de açúcar, sedentarismo e obesidade. Os sintomas são semelhantes à diabetes tipo 1 com a adição de dificuldade de cicatrização de feridas, visão turva e muita fome. Para além do tratamento incluir o uso diário de insulina, os pacientes que contraem esta doença podem também tratá-la com medicamentos que controlam a glicose no sangue (11). A diabetes gestacional surge durante a gravidez e caracteriza-se por mudanças no equilíbrio hormonal. É recorrente ocorrer em indivíduos do sexo feminino com idade mais avançada e pode resultar de ganho de peso excessivo, síndrome dos ovários policísticos e história familiar de diabetes. O seu tratamento baseia-se numa alimentação adequada e uso de hipoglicemiantes orais ou até mesmo insulina para diminuir a quantidade de glicose no sangue (11).

## 2.2. Pé diabético

Tal como já foi referido, uma das complicações da *Diabetes Mellitus* é o pé diabético que designa as diversas lesões que podem ocorrer no pé de um paciente com diabetes (5). Esta complicação é caracterizada por alterações anatomopatológicas e neurológicas periféricas nos pés e também alterações patológicas como neuropatia diabética, problemas circulatórios, infeção e menor circulação sanguínea local, também conhecido por processo de isquemia (14).

Os pés apresentam uma complexa rede sanguínea e uma extensa ramificação nervosa que é responsável pela sua sensibilidade. Desta forma, aquando da presença de diabetes, há a possibilidade de ocorrer danificação nervosa, ocorrendo uma redução do aporte sanguíneo e consequente alteração na sensibilidade dos pés (15). A falta de sensibilidade leva a que o paciente não sinta dor na ocorrência de algum ferimento no pé pelo que posteriormente poderá ocorrer uma infeção por falta de tratamento. Em acréscimo, a redução da circulação sanguínea leva também a um processo de recuperação lento (15)(16). As principais vias etiopatogénicas que causam as lesões neuropáticas no pé diabético são perda sensorial, deformidades nos pés, pressão e rutura da pele (10).

Em alguns pacientes a infeção do pé diabético é o primeiro sintoma. É requerido um exame vascular completo para determinar a insuficiência arterial e saber o historial detalhado do paciente sobre claudicação intermitente, dor em descanso e cirurgia arterial já realizada. Os pulsos periféricos também devem ser examinados e o índice de pressão tornozelo-braço ou dedo do pé-braço deve ser medido (16).

Existem vários fatores responsáveis pela rápida deterioração do pé diabético infetado. O edema e celulite consequente da infeção podem resultar numa síndrome compartimental, o que significa que há um aumento da pressão no tecido dentro de um compartimento fascial apertado.



Assim, a circulação microvascular é prejudicada e a pressão localizada excede a pressão hidrostática desse local (16)(17).

Existem três tipos de pé diabético: neuropático, isquêmico e neuroisquêmico. O pé neuropático é caracterizado por apresentar dedos em garra, possível arco alto, possíveis deformidades de Charcot, pulso quente e palpável, pele seca e uma cor de pele normal ou vermelha (18). Normalmente, neste tipo de pé, as úlceras localizam-se nas regiões plantares do pé/dedos pois são áreas que suportam o peso, são indolores e têm um aspeto de “centro deprimido” (18). Os indivíduos que apresentam este tipo de pé têm uma sensação reduzida ou ausente ao toque, vibração, dor e pressão, os reflexos no tornozelo não estão presentes, os pulsos do pé estão presentes e as veias são dilatadas e proeminentes (18). Relativamente ao pé isquêmico, este não apresenta nenhuma deformidade específica, no entanto, há uma grande probabilidade de o paciente já ter sido sujeito a amputações anteriores de dedos ou ante pé. Ao contrário do pé neuropático, o pé isquêmico apresenta uma temperatura mais baixa ou diminuída, o pulso pode estar ausente ou reduzido e apresenta uma cor pálida/azulada. A pele caracteriza-se por ser fina, frágil e seca. As úlceras localizam-se na zona distal/pontas dos dedos, no calcanhar ou nas margens do pé e são dolorosas. Os reflexos do tornozelo normalmente estão presentes ao contrário dos pulsos do pé. O pé neuroisquêmico apresenta tanto características do pé neuropático como isquêmico.

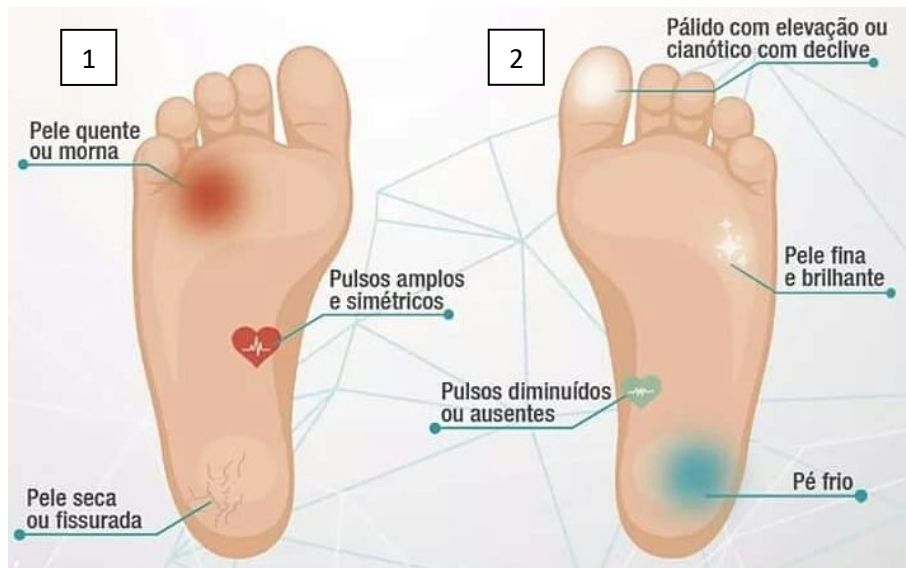


Figura 2: 1) Pé Neuropático; 2) Pé Isquêmico (19)

## 2.3. Avaliação das úlceras

Cerca de 15% a 25% dos pacientes diabéticos desenvolvem úlceras crônicas no pé durante a sua vida (7)(10)(20). As úlceras em pés diabéticos resultam da pressão feita pelo calçado, cortes ou feridas no pé não identificadas pelo paciente aquando do acontecimento, são bastante dolorosas, suscetíveis de infeccionar e demoram muito tempo para curar (21). Apesar da sua origem ser multifatorial, a neuropatia, retinopatia e a doença vascular periférica são considerados os fatores que mais influenciam o seu aparecimento (7).

Deve ser feita uma avaliação física do pé diabético que deve incluir toda a perna e não só o pé. As úlceras podem ser mascaradas por calos ou estar escondidas nos espaços entre dedos ou por pele hiperqueratótica, isto é, pele com um espessamento do estrato córneo (16)(22). A ferida deve ser avaliada pelo seu tamanho, profundidade, margens, e potencial envolvimento com estruturas mais profundas como tendões, articulações de cartilagem e osso. A dor e palpação, especialmente em pés neuropáticos, bem como exames de raios-X podem ajudar a identificar evidências de osteomielites (16). A osteomielite corresponde à infeção do osso e ocorre quando já existe uma infeção nos tecidos moles que o circundam. É possível verificar a ocorrência de osteomielite através de um Raio-X. Se for possível observar destruição e deformação óssea, é sinal de infeção (23).

Hedvig Orneholm (10) desenvolveu um estudo com o objetivo de avaliar o aparecimento de novas úlceras após o tratamento a outras úlceras no mesmo pé. Definiram úlceras recorrentes no pé como o aparecimento de uma úlcera no mesmo pé e no mesmo local da úlcera previamente curada e novas úlceras como o desenvolvimento num local do pé diferente ao da úlcera previamente tratada. Nesse mesmo estudo concluiu-se que 50% dos pacientes estudados voltaram a desenvolver úlceras nos 2 anos seguintes, no entanto, o número de úlceras recorrentes é pequeno.

As úlceras do pé diabético são muito suscetíveis a infeções que se podem espalhar rapidamente e causar a destruição de tecidos (7)(16). O local mais comum para ocorrer uma infeção no pé é a sua superfície (16), sendo que um quarto das úlceras existentes têm essa mesma localização (10). A área plantar acompanhada por eritema dorsal ou flutuação sugere que a infeção passou pelos compartimentos fasciais e provavelmente necessitará de drenagem cirúrgica (16). Potenciais estratégias para minimizar as sequelas das complicações nos pés incluem o antecipado reconhecimento do risco, uso imediato de medidas preventivas e rápido e intenso tratamento nos serviços de pé diabético (7).

## 2.4. Tratamentos

Neste subcapítulo são descritos alguns dos tratamentos feitos a úlceras em pés diabéticos aquando do estudo no CHUP.

### 2.4.1. Desbridamento

O desbridamento é um tratamento bastante praticado no tratamento do pé diabético e consiste na remoção de material desvitalizado, contaminado ou estranho, dentro ou adjacente a uma ferida, até que o tecido saudável circundante seja exposto. O material extraído pode ser pele, tecido mole, tendões e osso, o que significa que pode incluir amputações. Sendo assim, o principal objetivo deste tratamento é a remoção de tecido patogénico como forma de prevenir o aparecimento de potenciais agentes infecciosos. Se o desbridamento for realizado cedo pode prevenir a progressão de uma infeção plantar profunda (16)(18).

O desbridamento pode ser distinguido entre maior e menor (10). O desbridamento menor é definido como remoção de calosidades e desbridação que possa ser realizada no paciente sem anestesia. Por outro lado, o maior desbridamento é definido como revisão ou recessão cirúrgica de tecidos moles ou osso requerendo assim anestesia (10).

Uma vez que as úlceras podem estar mascaradas, qualquer pele hiperqueratótica deve ser desbridada para ser avaliado o tecido que se encontra debaixo dessa mesma pele (16).

### 2.4.2. Antibióticos e Cronocol

A primeira necessidade, face à presença de uma úlcera no pé diabético é a de definir a presença de infeção e a gravidade da mesma. Uma vez que apenas se justifica a terapia com antibióticos aquando de uma infeção e dependendo da severidade da mesma (24). O antibiótico a ser usado deve ser ajustado de acordo com a infeção em causa sendo que normalmente é feito um exame bacteriológico com o teste de sensibilidade aos antibiótico de forma a obter uma melhor orientação (18)(24). A infeção no pé diabético é habitualmente caracterizada pela sua natureza polimicrobiana, desta forma deve-se usar antibióticos de largo espetro, sóz ou em associação (24). A duração ótima deste tipo de terapias é de 1 a 2 semanas para infeções moderadas e 2 a 4 semanas para infeções mais severas e osteomielite (20). Alguns exemplos de antibióticos a serem receitados são a amoxicilina, a ofloxacina, a ciprofloxacina, entre outros (24).

O Cronocol é um implante biodegradável que contém sulfato de gentamicina que é um antibiótico do grupo dos aminoglicosídeos. Este tratamento permite eliminar ou prevenir a ocorrência de infecções causadas por bactérias sensíveis à gentamicina uma vez que é aplicado diretamente no local da ferida (25).

### 2.4.3. Cremes Hidratantes

Para tratar os pés secos e fissurados, resultado da neuropatia, os cremes hidratantes são essenciais (23)(26). Considera-se que um ambiente hidratante é ótimo para a cicatrização de uma ferida (27). Deve-se aplicar os cremes hidratantes após lavar os pés, no entanto, deve-se evitar aplicar o creme entre os dedos (23)(28). Os cremes hidratantes são essencialmente à base de lanolina, vaselina líquida ou glicerina (28).

### 2.4.4. Gel plaquetário

O gel plaquetário corresponde a um plasma rico em plaquetas que contém uma concentração de plaquetas (5% são hemácias e 95% plaquetas) num pequeno volume de plasma, com presença de fatores de crescimento (FC) bem como proteínas osteocondutoras (29). Este gel apresenta uma concentração de plaquetas até 5 vezes maior do que o normal (30). Este método é uma opção de baixo custo e segurança, fácil manuseio e útil em processos patológicos evasivos (30). Este gel é utilizado para libertar FC no local lesionado, de forma a acelerar o processo de cicatrização (29). Dependendo dos FC que são usados, distintas formas de cicatrização ocorrem, nomeadamente através da proliferação de células mesenquimais indiferenciadas, estimulação da mitogénese de condrócitos e osteoblastos, entre outros processos (30).

### 2.4.5. Pensos não aderentes ou de baixa aderência: Gel multidex/Multidex Pó

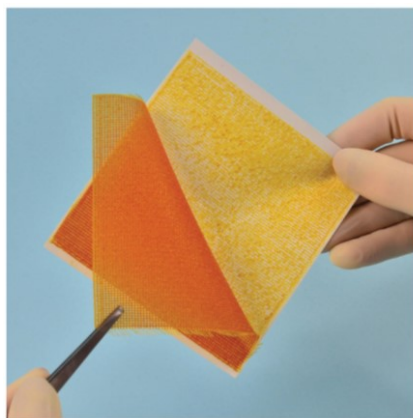
Existem vários tipos de pensos não aderentes ou gases embebidos em soro fisiológico que são normalmente tratamentos padrão para as úlceras diabéticas (27). Estes pensos são feitos para não serem traumáticos e promoverem um ambiente hidratante na ferida (27). Este tratamento simples e pouco custoso não é utilizado para tratar infecções apesar de poder ser utilizado de forma segura com os tratamentos com antibióticos (27).

Um exemplo é o Multidex, um penso hidrófilo de maltodextrina com apresentações em pó ou gel, para feridas húmidas e para feridas secas, respetivamente (31). O Multidex foi especialmente formulado para fornecer nutrientes por via tópica à ferida, criando o ambiente natural favorável à auto-cicatrização dos tecidos (31).

#### 2.4.6. Antissético: Inadine e Octicet

Antissépticos que têm por base preparações de iodo são comumente utilizados nas feridas (27). O iodo é um antimicrobiano tópico altamente eficaz que é usado clinicamente no tratamento de feridas, tem uma atividade antimicrobiana de largo espectro eficaz contra bactérias, microbatérias, fungos, protozoários e vírus. Tipicamente são aplicados localmente em feridas infectadas (27). Alguns pensos com iodo são altamente absorventes e por isso úteis na prevenção da escoriação da pele em úlceras moderadamente exsudadas (27).

Um exemplo de antisséptico é o penso não-aderente Inadine. Este consiste num tecido de malha em viscose de baixa aderência, impregnado com uma base de polietilenoglicol (PEG), contendo 10% de iodopovidona, equivalente a 1% de iodo disponível. Este tratamento é indicado tanto para proteção da ferida, mesmo infectada, como para o tratamento de feridas e pode igualmente ser utilizado na prevenção da infeção em queimaduras ligeiras e feridas traumáticas superficiais.



*Figura 3: Inadine*

O Octicet é também um produto com atividade antissética e pode ser utilizado no tratamento de feridas, mas também como antisséptico da membrana mucosa. No tratamento de úlceras diabéticas, este produto trata as lesões crónicas eliminando bactérias, fungos, leveduras, protozoários e vírus (32). Este produto tem um rápido poder de ação, não provoca efeitos sistémicos laterais, limpa, desinfeta e promove a cicatrização entre outras características (32).



Figura 4: Octicet como produto e modo de atuação (32)

## 2.4.7. Vácuo

O uso de pressão negativa foi inicialmente utilizado em 1997. Consiste no desenvolvimento de um sistema mecânico para auxiliar o processo de cicatrização (33). A pressão negativa é criada por uma máquina e ajustada para pressões entre -50 e -125 mmHg, contínua ou intermitente (33). A ferida deve ser completamente coberta por esponja, criando assim um ambiente sob vácuo quando a máquina é ligada (33)(34).

## 2.4.8. Oxigenoterapia Hiperbárica

A Oxigenoterapia Hiperbárica (OH) é um procedimento médico que consiste na inalação de oxigênio puro em ambiente com pressões supra-atmosféricas (2.5 a 2.8 atmosferas) em câmaras hiperbáricas (35). Este tratamento é considerado benéfico quando se avalia a evolução das lesões, uma vez que diminui o tempo de tratamento e evita amputações. No entanto, a OH pode induzir algumas complicações como envenenamento por monóxido de carbono, infecções necrotizantes de tecidos moles, isquemias agudas traumáticas e queimaduras térmicas e elétricas. Deste forma, não existem ainda evidências suficientes que permitam definir se efetivamente a OH é um tratamento seguro para os pacientes (35).

## 2.4.9. Feltro de Lã/Pressão

A utilização dos feltros de lã como tratamento às úlceras diabéticas tem como principal função de aliviar a pressão nesse local uma vez que este material isola a zona da úlcera. O formato do feltro é desenhado pelos próprios médicos de acordo com a ferida e a necessidade

do paciente apresentada. A sua espessura também pode ser alterada de acordo com as características anatómicas e clínicas do paciente (36). A Figura 5 ilustra este tipo de tratamento.



*Figura 5: Demonstração do tratamento com Feltro de Lã (36).*

## 2.5. Caraterização de úlceras: imagem de espetro visual

Existem atualmente diversas práticas de avaliação e caraterização de úlceras, no entanto, existem algumas lacunas nessas práticas. O método mais comum para medir o tamanho de uma ferida é pela utilização de uma régua e também por exames visuais. Infelizmente, este método é rudimentar, impreciso e representa uma carga de trabalho clínico significativa (37)(38). De forma a contornar, inovar e otimizar estas práticas, realizaram-se estudos com o objetivo de caraterizar as úlceras através do registo da sua imagem e posterior tratamento da mesma em sistemas computacionais essencialmente implementados em dispositivos móveis (21)(37)(39). Frade *et al.* (39) desenvolveu um estudo cujo objetivo seria criar uma metodologia de processamento de imagens que caraterizasse as úlceras crónicas fornecendo informações sobre a sua área e composição tecidual. Apresentou uma solução onde se incorpora um algoritmo de enchimento para segmentar a úlcera e realizar o cálculo da área da ferida com base num marcador de calibração introduzido durante a recolha de imagens. Este estudo foi testado em 200 úlceras do pé diabético, permitindo uma maior caraterização de 97%. Verificou-se uma elevada correlação quando comparada com a avaliação clínica, menor subjetividade, menor probabilidade de contaminação da ferida e custos mais reduzidos do que as soluções convencionais (39). Wang *et al.* (37) desenvolveu outro estudo, desta vez utilizando o método SLIC (Simple Linear Iterative Clustering), o qual carateriza as imagens através de uma segmentação super-pixéis. Os resultados demonstraram elevadas taxas de desempenho global na caraterização das úlceras através de imagens visuais (37). Recentemente, García-Zapirain *et al.* (40) criou uma rede neural de convolução 3D com recursos visuais para classificar e segmentar com precisão a granulação, tecido necrótico e infetado em imagens de cor de úlceras de pressão. Terminado o estudo foram avaliadas a precisão e robustez deste método que se mostraram bastante promissores (40).

## 2.6. Escala PUSH

A escala PUSH (Pressure Ulcer Scale for Healing) é utilizada para acompanhar a cicatrização das úlceras em diferentes situações de cuidado médico, medindo o processo de cicatrização das úlceras em pés diabéticos. São utilizados três fatores para avaliar a condição da ferida: o seu tamanho (cm<sup>2</sup>), o tipo de tecido existente no leito da ferida e a quantidade de exsudato (39). Este método permite fazer uma avaliação geral da cicatrização das úlceras diabéticas (41).

Inicialmente regista-se a pontuação para cada um destes fatores e somando todas as pontuações obtém-se a pontuação final. A comparação de todas as pontuações totais ao longo do tempo indica se a úlcera melhorou ou não (41)(42).



Relativamente aos fatores, para avaliar o tamanho da ferida é necessário medir a maior altura e maior largura da ferida e posteriormente multiplicar estes dois valores. Para avaliar a quantidade de exsudado (drenagem) classifica-se como nenhuma, ligeira, moderada ou forte consoante o que se observa após remover o penso e antes de se aplicar um agente tópico na ferida (41). Por fim, o tipo de tecido pode ser classificado como fechado se a ferida estiver completamente coberta por epitélio, tecido epitelial se a úlcera for superficial e se aparentar uma cor rosada e brilhante, tecido granulado se a úlcera apresentar uma aparência granular e cor avermelhada, tecido infetado se for possível observar tecido amarelo que adere à úlcera em aglomerados grossos e tecido necrótico se a úlcera apresentar cor escura (41).

## 2.7. Termografia por infravermelhos

A temperatura é uma medida de energia cinética média, quanto maior a agitação das moléculas num corpo maior será a sua temperatura (43). Quando existe uma troca de energia térmica de uma região mais quente para uma região mais fria significa que está a ocorrer um fluxo térmico. Este fluxo cessa quando a transferência entre as duas regiões termina, atingindo em equilíbrio térmico (Lei 0 da Termodinâmica). É por esta razão que antes de se realizar um exame termográfico deverá existir um período de aclimatização antes (43).

A temperatura de um objeto ideal chamado corpo negro, pode ser estimada sem haver contacto (44). O corpo negro, cuja emissividade ( $\epsilon$ ) é 1, tem a característica de absorver toda a radiação que incide sobre ele, em todos os comprimentos de onda e a uma temperatura uniforme (43). Segundo a Lei de *Kirchhoff*, a quantidade de energia absorvida é igual à emitida:  $\alpha = \epsilon$  (44). A qualidade das câmaras termográficas pode ser garantida através da aproximação do conceito de corpo negro (43). No entanto, corpos reais não emitem nem absorvem como os corpos negros, para além de absorver e emitir, são também capazes de transmitir e refletir energia:  $\rho + \tau + \epsilon = 1$  (45).

Existem três equações que descrevem a radiação emitida de um corpo negro: a Lei de distribuição de *Planck*, determina que a radiação térmica emitida por um corpo negro, a qualquer temperatura, tem vários comportamentos de onda e frequências. Esta Lei expressa a radiação espectral em função do comprimento de onda e temperatura de um corpo negro (43). Outra Lei que descreve a radiação emitida é a Lei de deslocamento de *Wien* em que a emissão na radiação de um corpo negro, o espectro de distribuição depende apenas da temperatura, sendo que o intervalo de frequência dominante aumenta proporcionalmente com a temperatura (44). Por fim, a Lei de *Stefan-Boltzmann* demonstra que a energia irradiada pela superfície de um corpo negro por unidade de tempo é diretamente proporcional à quarta potência da sua temperatura, sendo a radiação total térmica emitida pelo corpo negro dada pela fórmula:

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

Em que E é a energia total irradiada,  $\varepsilon$  é a emissividade,  $\sigma$  a constante de *Stefan-Boltzmann* e T a temperatura (44).

O espectro eletromagnético é uma representação das várias porções da radiação eletromagnética distribuídas por energia emitida ou absorvida por um corpo num determinado comprimento de onda (43)(44). Na Figura 6 podemos observar a representação do espectro eletromagnético. Existem desta forma, diferentes modalidades de imagem médica tendo em conta os diferentes comprimentos de onda, sendo uma dessas modalidades a termografia que provém de uma fonte interna e natural (43).



Figura 6: Espectro de radiação eletromagnética.

Existem diferentes tipos de transferência de energia térmica: condução, convecção, radiação e evaporação. A transferência de energia térmica por condução ocorre apenas quando existe contacto direto entre duas superfícies, por outro lado, a convecção acontece apenas através de um meio fluido. A evaporação de energia térmica ocorre quando os átomos ou moléculas passam do estado líquido ou sólido para o estado gasoso e são libertados dessa forma. Por fim, a radiação, que é a única forma de energia captada pelas câmaras termográficas, corresponde à transmissão de ondas magnéticas (43).

Qualquer corpo com temperatura superior ao zero absoluto (0 Kelvin), tem a capacidade de emitir radiação térmica, no entanto a radiação sobre a superfície pode apresentar diferentes formas: transmissão, reflexão, refração, difração, absorção, espalhamento e emissão (43)(44) (45).

A termografia é uma técnica considerada segura uma vez que não recorre a qualquer tipo de contacto com o paciente, É não invasiva, não ionizante e tem baixo custo (46). Esta técnica permite uma medição de temperatura em tempo real e baseia-se em captar a radiação energética infravermelha proveniente da superfície do paciente (43)(47). Desde meados dos anos 50 que a termografia tem sido aplicada em diferentes áreas mas essencialmente focada como técnica de diagnóstico (47). Juntamente com outros exames clínicos como a história clínica

do paciente, raios-X, ressonância magnética, a termografia pode completar com informação válida um caso clínico (48). As câmaras de infravermelhos criam imagens térmicas através da radiação emitida pela superfície dos corpos. Para além disso, uma vez que a fonte de radiação infravermelha é a temperatura, as leis da termodinâmica são a base desta técnica (47).

A imagem térmica por infravermelhos (ITI) é uma técnica que permite registar a distribuição da temperatura da pele, de uma forma totalmente segura e inócua. Através dessas imagens é possível obter informação fisiológicas relativas ao fluxo sanguíneo, vasoconstrição/vasodilatação, inflamação, entre outros processos (45).

Existem alguns fatores que podem influenciar uma examinação através da termografia sendo estes o facto do ambiente ter de ser controlado ou seja, a sala tem de ter uma determinada temperatura (normalmente +/- 22 C), humidade relativa (inferior a 50%), baixo fluxo de ar e ausência de luminosidade incidente sobre o indivíduo (43).

### 2.7.1. Caraterização úlceras: imagem termográfica

A caraterização de úlceras através do ITI é também um método inovador que permite avaliar a evolução ou regressão da ferida. Um aumento da diferença de temperatura entre a úlcera e a sua periferia é, em alguns casos, sinal de infeção. Desta forma, foram já realizados estudos de forma a utilizar este tipo de caraterização.

S. C. Wang *et al.* estudou o desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis que permite medir a área da ferida bem como a sua temperatura, sem qualquer tipo de contacto. Neste estudo, concluiu-se que esta aplicação facilitou a caraterização da úlcera e pode ser utilizada pelos próprios pacientes para monitorização da ferida (38).

Nakagami *et al.* investigou se a termografia efetivamente pode ser usada para detetar inflamações latentes em úlceras por pressão e prever o prognóstico das mesmas. Concluiu que este método é útil e que uma maior temperatura na zona da ferida quando comparada com a periferia da mesma pode implicar infeção (49).

Keenan *et al.* focou o seu estudo na variação de emissividade de feridas crónicas e o seu efeito nas medições térmicas. Foram estudados pacientes com feridas não diabéticas e feridas diabéticas não infetadas. A emissividade foi calculada em cada pixel com base nas imagens térmicas. Os resultados finais mostraram que a emissividade das feridas era semelhante nos dois tipos de feridas e que a diferença de temperatura nas imagens térmicas era de 0,83%. Estes resultados provam a significância da avaliação térmica no diagnóstico clínico (50).



# Capítulo III:

## Materiais e métodos

O terceiro capítulo foca-se na descrição da amostra em estudo, na metodologia e materiais utilizados para a aquisição e tratamento dos dados e também na forma como foram organizados os resultados, incluindo a análise estatística. Na Figura 7 estão sumariados os tópicos deste capítulo.

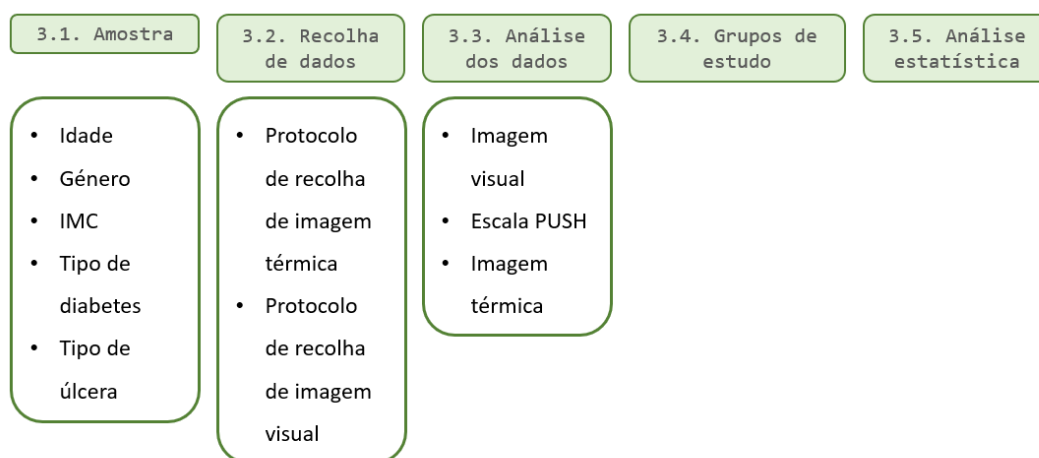


Figura 7: Organização do Capítulo III.

### 3.1. Descrição da amostra

A amostra utilizada neste estudo é constituída por um grupo de 60 pacientes do Centro Hospitalar e Universitário do Porto (CHUP) com úlcera diabética ativa. O nome dos pacientes é oculto, desta forma, a cada paciente está associado um número de participante. Aos pacientes que apresentaram o desenvolvimento de mais do que uma úlcera diabética acrescentou-se o decimal ao número associado ao participante. Os pacientes que participaram no estudo foram previamente solicitados para serem voluntários, tendo a possibilidade de recusar a participação. O estudo teve aprovação da comissão de ética do CHUP e de todos os participantes foi obtido um consentimento informado (Apêndice I). A faixa etária dos voluntários encontra-se entre os 28 e os 89 anos, sendo a amostra representada por homens e mulheres. A média do índice de massa corporal (IMC) entre os voluntários ( $IMC = \frac{massa\ (kg)}{altura\ (m) \cdot altura\ (m)}$ ) é de 28 kg/m<sup>2</sup> e apenas 5 confirmaram apresentar diabetes tipo 1. Na Tabela 1 e Figura 8 encontram-se reunidas as características da amostra, inclusive dos grupos de estudo explicitados no ponto 3.4 da dissertação.

Antes de iniciar a captura da imagem térmica e visual foi solicitado aos participantes que respondessem a um questionário (Apêndice II) e assinassem o termo de consentimento informado. Todos os participantes tinham à sua disposição uma ficha informativa (Apêndice III) sobre o estudo, disponibilizada durante o período de aclimatização (5 minutos) antes do início da captura das imagens.

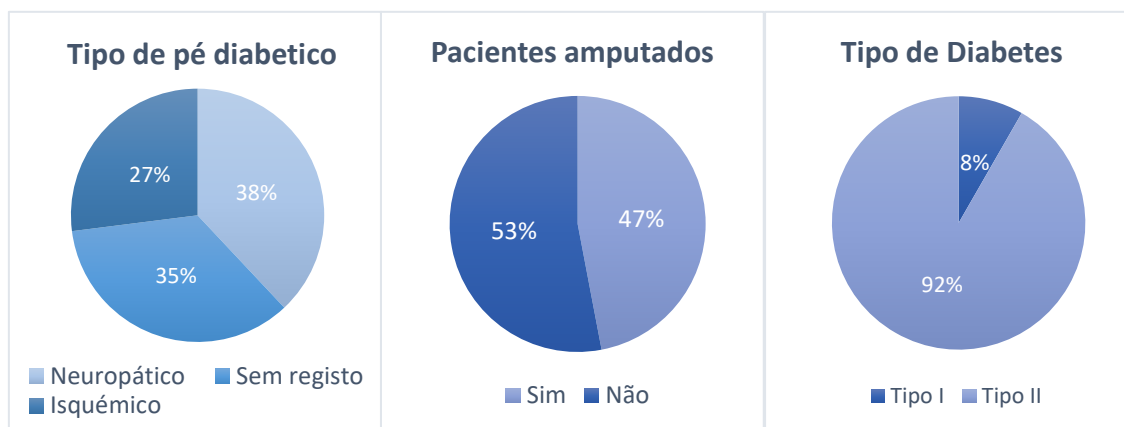


Figura 8: Gráficos circulares onde estão presentes as percentagens relativas ao tipo de pé diabético, amputação e tipo de diabetes.

Tabela 1: Descrição da amostra.

	Idade média	IMC	Tamanho da amostra
<b>Total</b>	63.9±12.5	28.0±7.6	60
<b>Género Masculino</b>	63.3±9.4	27.6±8.4	44
<b>Género Feminino</b>	65.7±17.8	29.1±3.5	16
<b>Grupos (n(masc): n(fem))</b>			
<b>Grupo 1 (4: 1)</b>	65.6±8.9	33.8±5.9	5
<b>Grupo 2 (7: 1)</b>	62.7±8.0	29.5±8.0	8
<b>Grupo 3 (3: 3)</b>	64.7±9.2	29.1±1.6	6
<b>Grupo 4 (3: 0)</b>	67±0.0	27.1±0.0	3
<b>Grupo 5 (2: 0)</b>	78.0±9.0	-	2
<b>Grupo 6 (1: 0)</b>	30.0±0.0	39.2±0.0	1
<b>Grupo 7 (1: 0)</b>	64±0.0	27.7±0.0	1
<b>Grupo 8 (1: 1)</b>	58.5±10.5	27.8±1.6	2

## 3.2. Protocolo de recolha dos dados

### 3.2.1. Imagem térmica

Para a recolha das imagens térmicas seguiu-se o protocolo que se encontra em Anexo (Anexo II), baseado no “*Glamorgan Protocol*”, uma referência para os procedimentos padrão recomendados para a recolha e avaliação de imagens térmicas em aplicações médicas.

O equipamento usado para a recolha de dados foi a câmara termográfica *FLIR E60* (Figura 8). Esta câmara termográfica tem uma matriz de sensores de plano focal com tamanho 320x240, permite medir temperaturas na gama entre -20°C a +120°C e opera no *long-infrared wavelength* de 8 a 14 µm. Apresenta *Noise Equivalent Temperature Difference* (NETD), relação entre sinal e ruído, inferior a 50 mK a 30°C e uma incerteza de medição de  $\pm 2\%$  da gama total de temperatura especificada.

Para medir as condições ambientais da sala usou-se um Higrómetro Texto 175H1, com resolução 0.1°C e 1% de humidade relativa.

O software utilizado para obter a caracterização das imagens termográficas foi *ThermaCAM Researcher Pro 2.10*.



Figura 9: Câmara termográfica FLIR E60.

Antes da captura das imagens, a câmara foi ligada por 15 minutos de maneira a evitar o desvio da inicialização. O indivíduo deverá também permanecer numa sala aclimatizada com a área de interesse exposta por um período de 5 minutos. Existem também alguns critérios de inclusão/exclusão dos pacientes nomeadamente não ingerir refeições pesadas, bebidas alcoólicas ou fumar até 2 horas antes, não realizar atividades desportivas ou de fisioterapia antes, remover todo o tipo de bijuteria próxima da área de interesse e não aplicar óleos ou cremes na superfície da pele. Durante a recolha de imagens térmicas manteve-se uma distância mínima entre a câmara termográfica e o voluntário de 1 metro e definiu-se o valor de emissividade como

0.98 (valor da pele humana), a temperatura refletida em 21°C e a faixa de temperatura foi de 20°C a 37°C. A Figura 10 ilustra o posicionamento material necessário para a captura das imagens.



Figura 10: Captura das imagens térmicas.

### 3.2.2. Imagem de espectro visível

Para recolha da imagem de espectro visível recorreu-se ao tablet Asus Transformer Pad TF700T e também à câmara termográfica *FLIR E60*. Através do programa FLIR Tools foi possível guardar as imagens visuais capturadas pela câmara termográfica.

Aquando da captura das imagens visuais manteve-se uma distância de 0.7 metros (mínima) a 1 metro (máxima) entre a câmara e a úlcera (Figura 11).

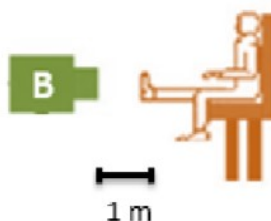


Figura 11: Captura das imagens visíveis.

## 3.3. Protocolo da análise dos dados

### 3.3.1. Imagem visual

Relativamente à análise dos dados da imagem visual esta foi feita por dois métodos: aplicação android e análise através do MatLab.



A metodologia através da aplicação android baseou-se na utilização de uma aplicação móvel desenvolvida previamente (39). Para a análise da imagem por esta via utilizou-se um quadrado branco 1cmx1cm que foi usado como marcador. Selecionando posteriormente à captura da imagem a úlcera e o marcador foi possível obter uma caracterização das feridas com as seguintes características: tamanho da úlcera em  $\text{cm}^2$  e  $\text{pol}^2$ , percentagem de tecido em granulação saudável, percentagem de tecido em granulação não saudável, percentagem de tecido amarelo e percentagem de tecido necrótico. A Figura 12 sumariza as fases deste método.



Figura 12: Fases do método de recolha e caracterização das imagens térmicas.

A análise e caracterização das úlceras através do MatLab é semelhante à anterior, no entanto, o código foi desenvolvido em formato MatLab e dessa forma as imagens só são analisadas em computador após a sua captura e não no momento a seguir. No seguinte gráfico (Figura 13) estão apresentadas as principais fases do código previamente desenvolvido (39).

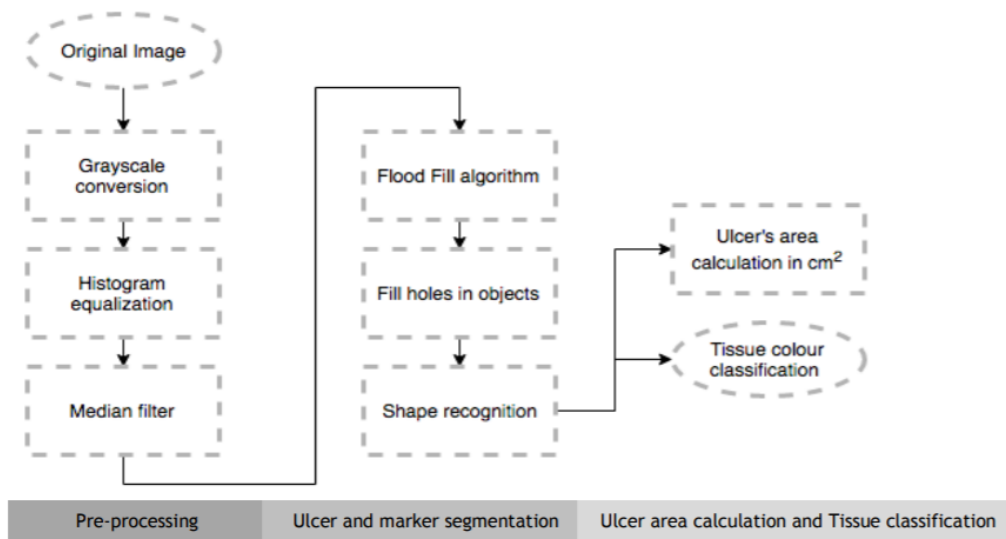


Figura 13: Metodologia do processamento das imagens através do MatLab (39).

A caracterização através deste método consistiu na obtenção do tamanho real da úlcera, percentagem de pixels vermelho claro, percentagem de pixels vermelho escuro, percentagem de pixels brancos e percentagem de pixels pretos. Os pixels correspondem aos tipos de tecido que poderão existir na úlcera sendo que os pixels vermelho claro correspondem ao tecido saudável,

os pixéis vermelho escuro correspondem ao tecido não saudável, os pixéis brancos ao tecido infectado e os pixéis pretos ao tecido necrótico.

### 3.3.2. Escala PUSH

A metodologia utilizada para obter os resultados na escala PUSH consistiu inicialmente em criar grupos de pacientes por tratamento. Relativamente ao tamanho da ferida, a própria escala PUSH já tem o valor de área referente para cada ponto. Por outro lado, a escala para quantidade de exsudado depende da amostra analisada. Para cada tratamento calculou-se o mínimo, o primeiro quartil, a mediana, o terceiro quartil e o máximo da quantidade de exsudado (% tecido amarelo) desse grupo, dessa forma, foi possível criar uma escala em que 0 engloba do valor mínimo ao valor do primeiro quartil exclusive, 1 inclui quantidades de exsudado do valor do primeiro quartil ao valor da mediana exclusive, 2 do valor da mediana ao valor do terceiro quartil exclusive e 3 do valor do terceiro quartil até ao valor máximo de exsudado. A última caracterização pela escala PUSH diz respeito ao tipo de tecido da ferida, para isso, verificou-se qual o tecido em maior percentagem na ferida e definiu-se assim o ponto correspondente a cada tipo de tecido.

A escala PUSH baseou-se nos resultados de caracterização pela aplicação do dispositivo móvel e nos resultados da caracterização pelo MatLab, separadamente.

### 3.3.3. Imagem Térmica por Infravermelhos

Para proceder à avaliação das imagens térmicas inicialmente utilizou-se o programa FLIR ThermaCAM Researcher Pro 2.10. A partir deste programa foi possível definir o intervalo de temperatura igual para todas as imagens (20°C-32°C) bem como a escala de cores artificial recomendada, a arco-íris ("rain"). Após a leitura das imagens foi possível obter, através de uma segmentação da ferida e da sua periferia, os valores de temperatura mínima, temperatura máxima, diferença entre temperatura máxima e mínima, temperatura média e desvio-padrão, conforme a Figura 14.

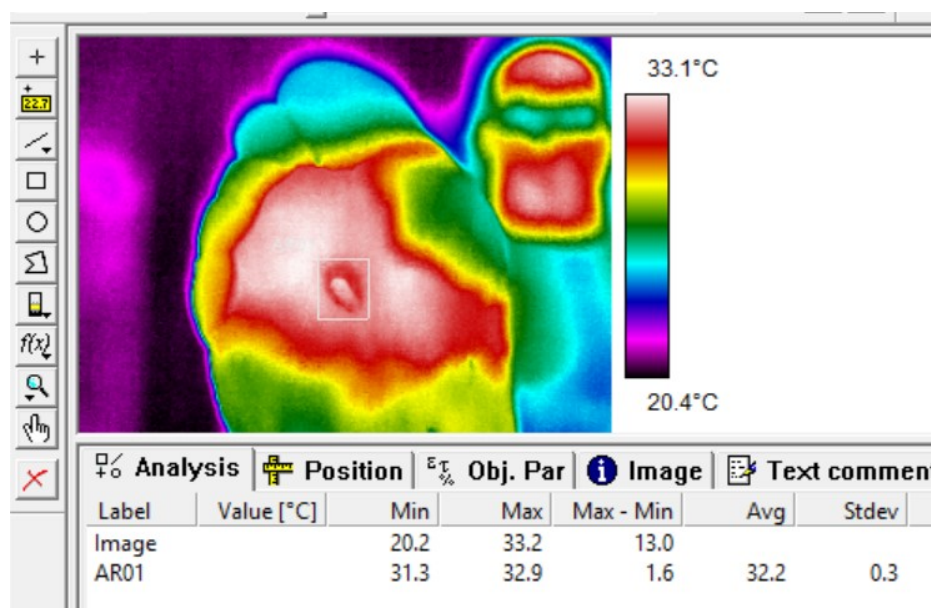


Figura 14: Segmentação e posterior caracterização termográfica do segmento através do programa ThermoCAM Researcher Pro 2.10.

### 3.4. Grupos de estudo

Após a recolha e posterior caracterização das imagens visuais e térmicas procedeu-se ao tratamento e análise dos dados. Inicialmente separou-se os participantes em grupos, obtendo-se assim oito grupos caracterizados pelo número de visitas e tipo de pé diabético (Tabela 2). Elaboraram-se, posteriormente, gráficos de barras referentes à diferença de valores entre as consultas seguintes e a primeira para cada parâmetro estudado, exceto para os pacientes com apenas duas que, no gráfico de barras, apresentam os valores brutos da primeira e da segunda consulta.

Tabela 2: Caracterização de cada grupo de estudo.

Grupo (n(masc): n(fem))	Número de visitas	Tipo de pé	Tamanho da amostra
Grupo 1 (4: 1)	2	Neuropático	5
Grupo 2 (7: 1)	2	Isquémico	8
Grupo 3 (3: 3)	3	Neuropático	6
Grupo 4 (3: 0)	3	Isquémico	3
Grupo 5 (2: 0)	4	Isquémico	2
Grupo 6 (1: 0)	5	Neuropático	1
Grupo 7 (1: 0)	5	Isquémico	1
Grupo 8 (1: 1)	6	Neuropático	2

A segunda parte de organização e tratamento dos dados baseou-se em avaliar o tipo de tratamento feito. Para isso, separou-se os pacientes por tratamento e construíram-se gráficos para cada tipo de caracterização, sendo possível verificar a evolução ou não da ferida em cada

tratamento. Na Tabela 3 é possível observar o número de pacientes em cada tratamento por consulta.

*Tabela 3: Número de pacientes em cada tratamento por consulta.*

Tratamento	C1	C2	C3	C4	C5	C6
<b>Gel plaquetário</b>	8	8	5	5	4	2
<b>Inadine</b>	7	7	3	-	-	-
<b>Curativo</b>	5	5	1	-	-	-
<b>Pressão</b>	4	4	3	-	-	-
<b>Octicet</b>	2	2	2	-	-	-
<b>Antibiótico</b>	1	1	1	1	-	-
<b>Cronocol</b>	1	1	-	-	-	-

### 3.5. Análise estatística

Efetuuou-se uma análise estatística com recurso ao programa SPSS-24.0 (Statistical Package for Social Sciences) aos resultados obtidos a partir dos três métodos de caracterização a todos os pacientes na primeira consulta. Obtiveram-se os valores das estatísticas descritivas de cada caracterização bem como as correlações entre elas.

As estatísticas descritivas são utilizadas para variáveis quantitativas e correspondem aos valores de média, desvio-padrão, máximo e mínimo (51).

O Coeficiente de Correlação utilizado foi o Ró de Spearman ( $\rho$ ) que mede a intensidade da relação entre variáveis ordinais. Este coeficiente foi utilizado em variáveis intercalares como alternativa ao Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ), uma vez que  $\rho$  é uma medida não paramétrica de correlação. Este coeficiente ( $\rho$ ) varia entre -1 e 1, se o valor de  $\rho$  for positivo existe uma correlação direta entre as variáveis, se  $\rho$  for negativo existe uma relação inversa e se for nulo não existe correlação linear (52).

# Capítulo IV:

## Resultados

Neste capítulo estão presentes os resultados principais organizados conforme os objetivos descritos no primeiro capítulo.

Os primeiros três subcapítulos estão organizados por: frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) dos dados obtidos de todos os pacientes na primeira consulta, gráficos de barras, separados pelos grupos enunciados na Tabela 2, correspondentes à variação dos resultados por pacientes ao longo das consultas e, gráfico(s) de dispersão correspondentes à variação da média dos resultados de cada caracterização das úlceras diabéticas separadas por tratamento. O último subcapítulo corresponde às correlações entre caracterizações de todos os pacientes na primeira consulta.

Relativamente aos gráficos de barras do grupo 1 e do grupo 2 da Tabela 2, os valores apresentados como 1 e 2 no eixo horizontal correspondem à primeira e segunda consulta. Por outro lado, nos gráficos de barras dos restantes grupos apresentados na Tabela 2 (Grupo 3, 4, 5, 6, 7 e 8), os valores apresentados como  $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$ ,  $\Delta 3$ ,  $\Delta 4$  e  $\Delta 5$  no eixo horizontal, correspondem respetivamente, à diferença entre a segunda, terceira, quarta, quinta e sexta consulta com os valores da primeira consulta.

### 4.1. Caracterização através da imagem térmica por infravermelhos

Na Tabela 4 estão apresentadas as frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) da temperatura mínima, máxima, média e diferença entre temperatura máxima e mínima das úlceras diabéticas de todos os pacientes na primeira consulta.

*Tabela 4: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) dos resultados obtidos pela caracterização através dos termogramas de todos os pacientes na primeira consulta.*

	Caraterização	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
Tempertaura (°C)	Mínimo	28,88	2,83	21,80	34,40
	Máximo	31,88	3,48	22,60	39,70
	Média	2,85	1,31	0,70	6,20
	Diferença Máx-Min	30,31	2,99	22,20	35,00

Os gráficos de barras seguintes apresentam os valores de diferença de temperatura (temperatura máxima-temperatura mínima) ao longo das consultas, por cada grupo da Tabela 2.

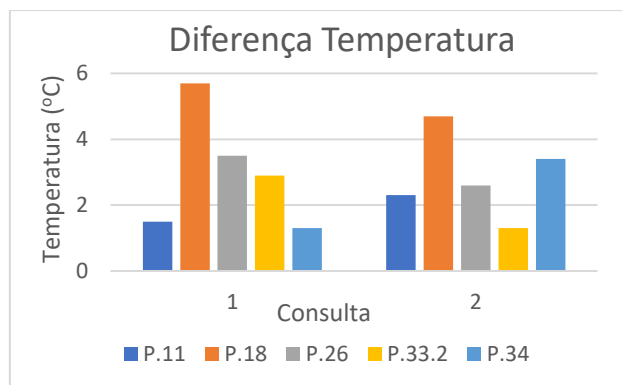


Figura 15: Gráfico referente à diferença de temperatura nas primeira e segunda consultas do grupo 1.

No gráfico acima apresentado (Figura 15), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, a diferença de temperatura nas úlceras diabéticas dos pacientes 18, 26 e 33.2 diminui, no entanto, a nas úlceras dos pacientes 11 e 34 aumenta.

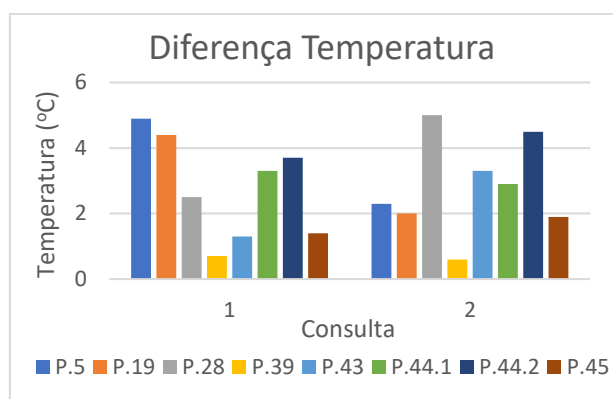


Figura 16: Gráfico referente à diferença de temperatura nas primeira e segunda consultas do grupo 2.

Relativamente ao gráfico acima apresentado (Figura 16), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, a diferença de temperatura nas úlceras diabéticas dos pacientes 5, 19, 39 e 44.1 diminui, no entanto, a nas úlceras dos pacientes 28, 43, 44.2 e 45 aumenta.

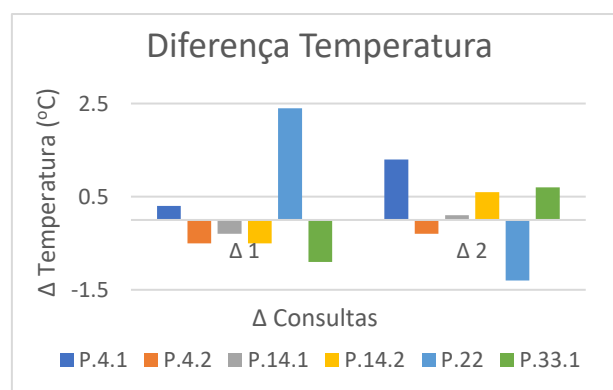


Figura 17: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 3.

No gráfico acima apresentado (Figura 17), verifica-se que ao longo das consultas, a diferença de temperatura nas úlceras dos pacientes 4.2 e 22 diminui, no entanto, nas úlceras dos pacientes 4.1, 14.1, 14.2 e 33.1 aumenta.

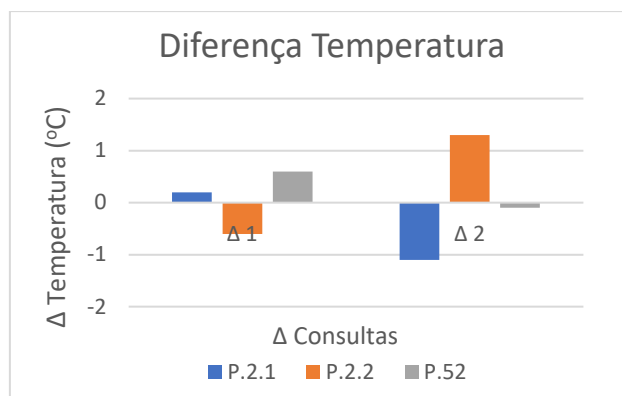


Figura 18: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 4.

Na Figura 18 apresenta-se um gráfico, onde se verifica que ao longo das consultas, a diferença de temperatura nas úlceras dos pacientes 2.1 e 52 diminui, no entanto, na úlcera do paciente 2.2 aumenta.

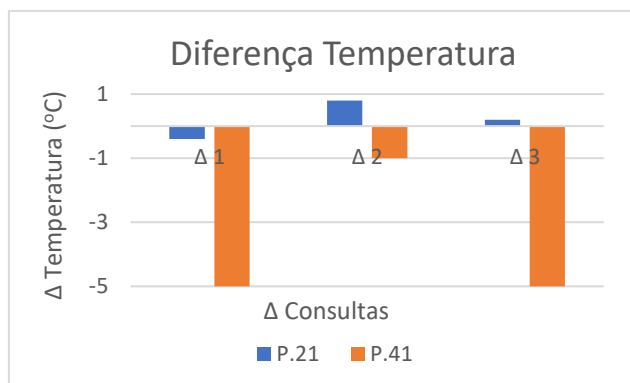


Figura 19: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 5.

No gráfico acima apresentado (Figura 19), verifica-se que ao longo das consultas, a diferença de temperatura na úlcera do paciente 41 diminui, no entanto, na úlcera do paciente 21 aumenta.

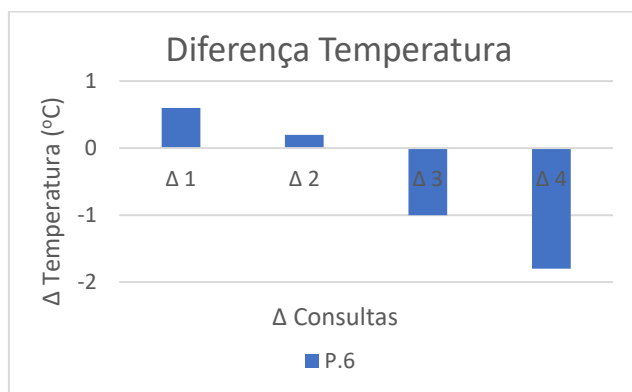


Figura 20: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 6.

No gráfico acima apresentado (Figura 20), verifica-se que ao longo das consultas, a diferença de temperatura na úlcera do paciente 6 diminuiu.

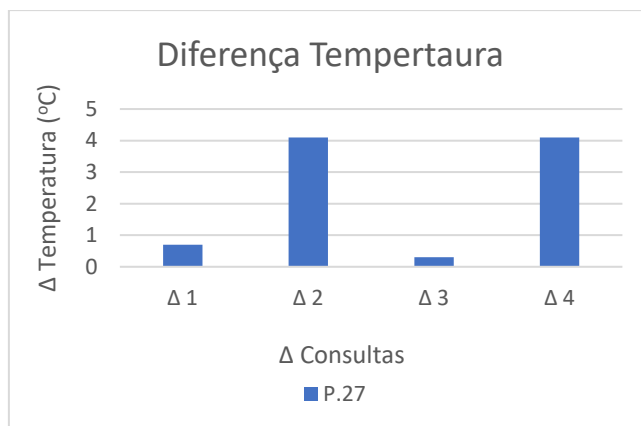


Figura 21: Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 7.

No gráfico acima apresentado (Figura 21), verifica-se que, comparando a quinta com a primeira consulta do paciente 27, há um aumento da diferença de temperatura na úlcera diabética, no entanto há uma diminuição notória entre a terceira, quarta e quinta consultas.

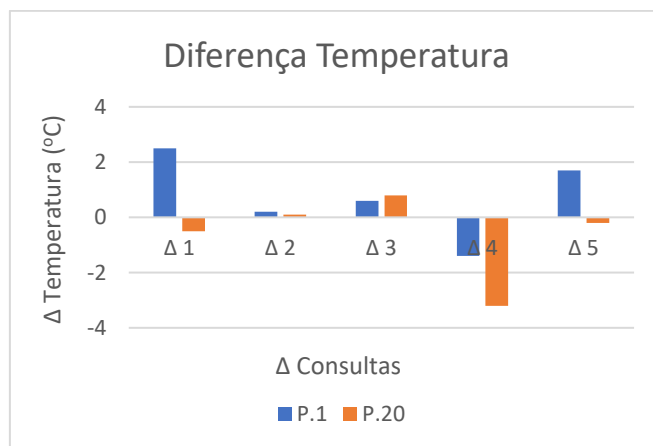


Figura 22 : Gráfico referente ao diferencial da diferença de temperatura entre consultas do grupo 8.

No gráfico acima apresentado (Figura 22), verifica-se que ao longo das consultas a diferença de temperatura na úlcera do paciente 1 diminuiu, no entanto, comparando a última consulta com a primeira a diferença de temperatura aumentou. Na úlcera do paciente 20 é apresentada uma diminuição geral da diferença de temperatura ao longo das consultas, no entanto da segunda à quarta consulta e da quinta à sexta consulta houve um aumento da diferença de temperatura.



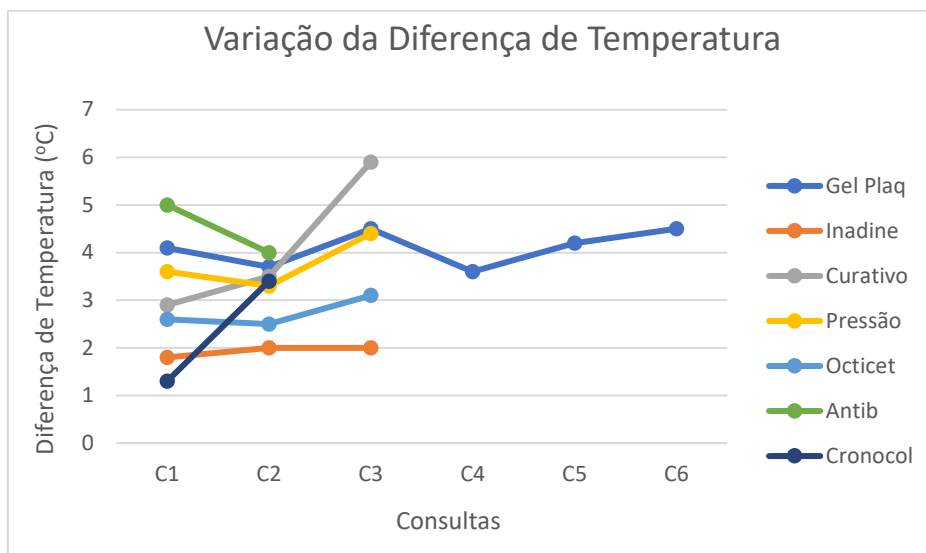


Figura 23: Variação da média da diferença de temperatura de cada tratamento ao longo das consultas.

No gráfico de dispersão acima apresentado (Figura 23), verifica-se que, há um aumento na média da diferença de temperatura ao longo das consultas nas úlceras dos pacientes sujeitos a todos os tratamentos exceto “Antibiótico”, onde se verifica uma diminuição.

## 4.2. Caracterização por imagem de espectro visível

Na Tabela 5 estão apresentadas as frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) obtidas através do MatLab da área e da percentagem de pixels vermelho claro, vermelho escuro, branco e preto das úlceras diabéticas de todos os pacientes na primeira consulta.

Tabela 5: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) na caracterização através da caracterização por imagem visível em MatLab de todos os pacientes na primeira consulta.

	Caraterização	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
<b>MatLab</b>	Área da úlcera (cm <sup>2</sup> )	5,77	6,51	0,00	24,40
	<b>% Pixels</b>				
	Vermelho claro	9,21	21,61	0,00	84,10
	Vermelho escuro	21,77	31,80	0,00	92,70
	Branco	16,62	35,19	0,00	100,00
	Preto	2,88	14,91	0,00	99,30

Os gráficos de barras seguintes apresentam os valores de área das úlceras diabéticas (obtidos através do programa MatLab) ao longo das consultas, por cada grupo da Tabela 2.

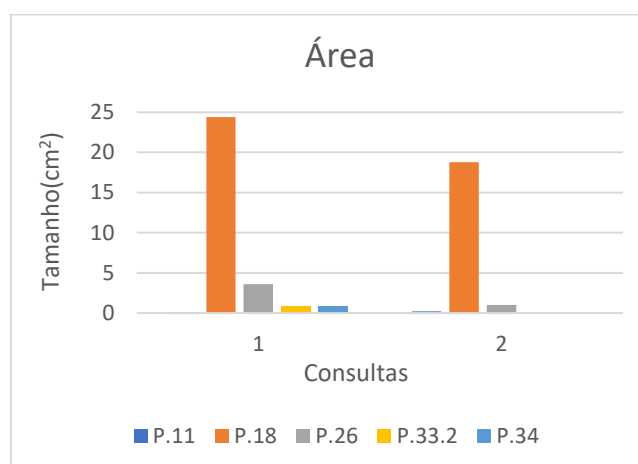


Figura 24: Gráfico referente à área da úlcera nas primeira e segunda consultas do grupo 1.

No gráfico acima apresentado (Figura 24), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, a área das úlceras diabéticas dos pacientes 18, 26, 33.2 e 34 diminui, no entanto, do paciente 11 aumenta de 0.1 para 0.2 cm<sup>2</sup> (não é possível observar no gráfico).

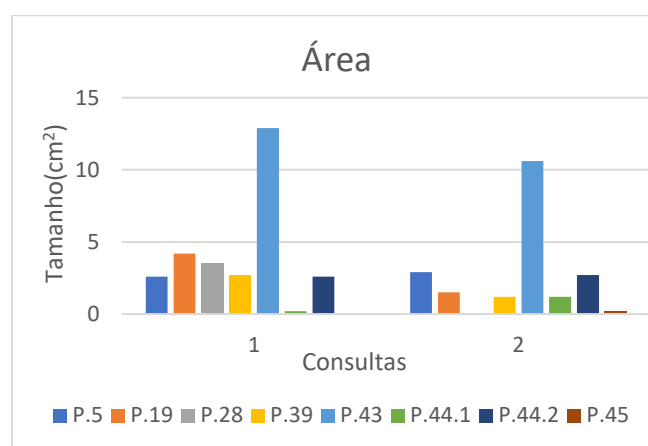


Figura 25: Gráfico referente à área da úlcera nas primeira e segunda consultas do grupo 2.

No gráfico acima apresentado (Figura 25), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, a área das úlceras diabéticas dos pacientes 19, 28, 39 e 43 diminui, no entanto, dos pacientes 5, 44.1, 44.2 e 45 aumentou.

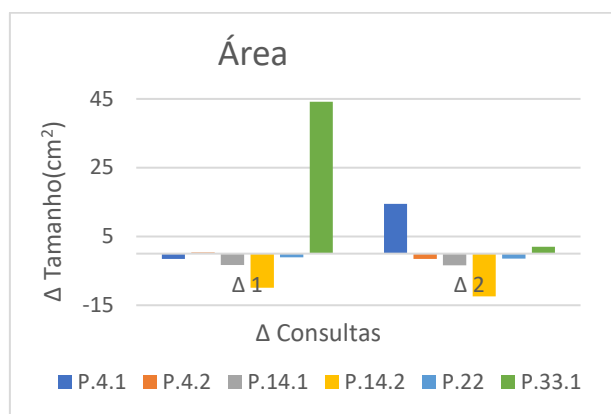


Figura 26: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 3.

No gráfico acima apresentado (Figura 26), verifica-se que ao longo das consultas, todos os pacientes tiveram uma diminuição da área da úlcera diabética, à exceção do paciente 4.1. e do paciente 33.1 que, apesar de ter diminuído bruscamente da segunda para a terceira consulta, comparando a terceira com a primeira consulta, a área aumentou.

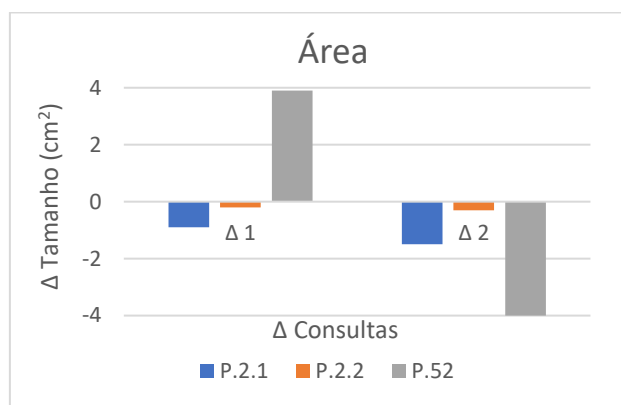


Figura 27: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 4.

No gráfico acima apresentado (Figura 27), verifica-se que ao longo das consultas, todos os participantes deste grupo tiveram uma diminuição na área da úlcera diabética.

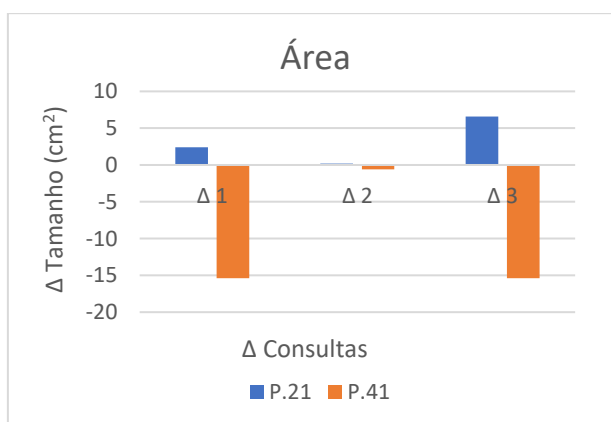


Figura 28: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 5.

No gráfico acima apresentado (Figura 28), verifica-se que ao longo das consultas a área da úlcera diabética do paciente 21 aumentou e do paciente 41 diminuiu.

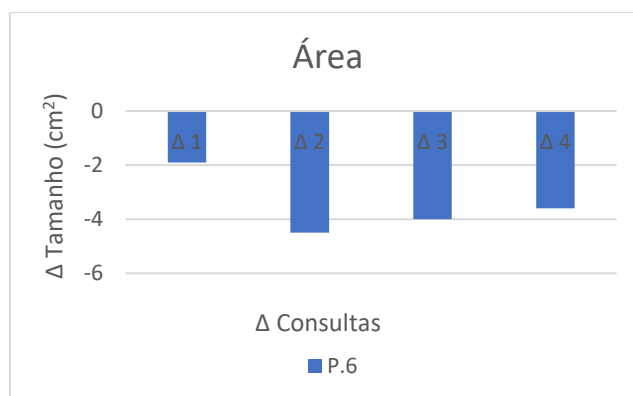


Figura 29: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 6.

No gráfico acima apresentado (Figura 29), verifica-se que ao longo das consultas, há uma diminuição da área da úlcera diabética do paciente 6.

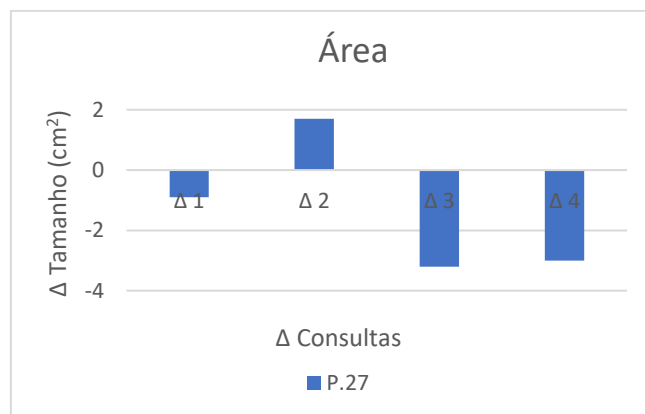


Figura 30: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 7.

No gráfico acima apresentado (Figura 30), verifica-se que ao longos das consultas, há uma diminuição da área da úlcera diabética do paciente 27 apesar de, entre a segunda e a terceira consulta ter havido um aumento notório.

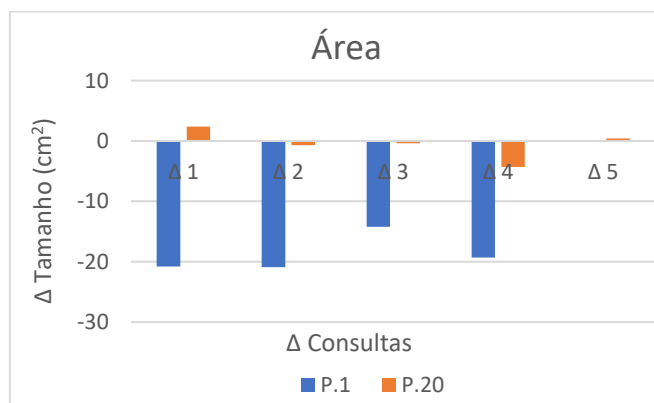


Figura 31: Gráfico referente ao diferencial da área entre consultas do grupo 8.

No gráfico acima apresentado (Figura 31), verifica-se que ao longo das consultas a área da úlcera diabética dos pacientes 1 e 20 diminui, no entanto, da penúltima para a última consulta houve um aumento relativamente ao paciente 20.

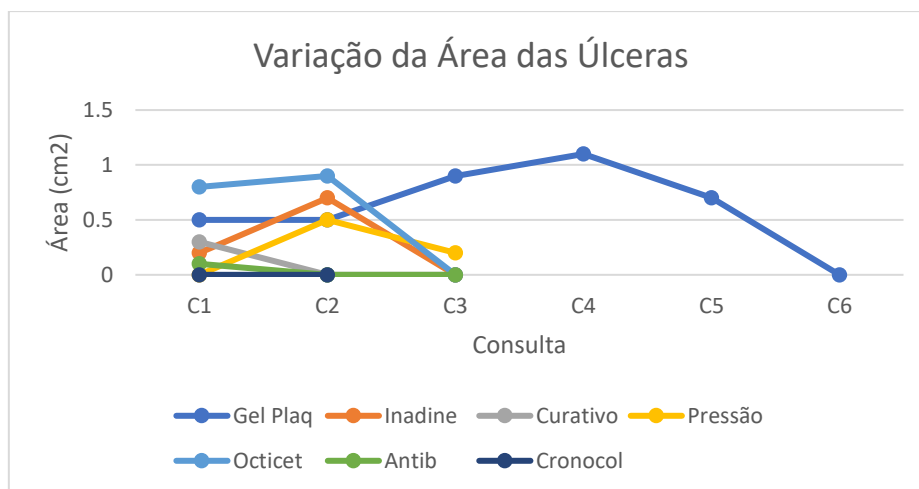


Figura 32: Variação da média da área das úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas.

No gráfico de dispersão acima apresentado (Figura 32), verifica-se que há uma diminuição ao longo das consultas da média da área das úlceras diabéticas dos pacientes em todos os tratamentos, exceto nos pacientes sujeitos ao tratamento “Pressão”.

Na Tabela 6 estão apresentadas as frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) obtidas através da aplicação móvel da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico das úlceras diabéticas de todos os pacientes na primeira consulta.

Tabela 6: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) na caracterização através da caracterização por imagem visível pela aplicação móvel de todos os pacientes na primeira consulta.

	Caraterização	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
<b>APP: % Tecido</b>	Saudável	0,62	1,73	0,00	11,77
	Não saudável	1,57	3,39	0,00	15,47
	Infetado	5,52	8,94	0,00	45,94
	Necrótico	1,71	4,22	0,00	26,17

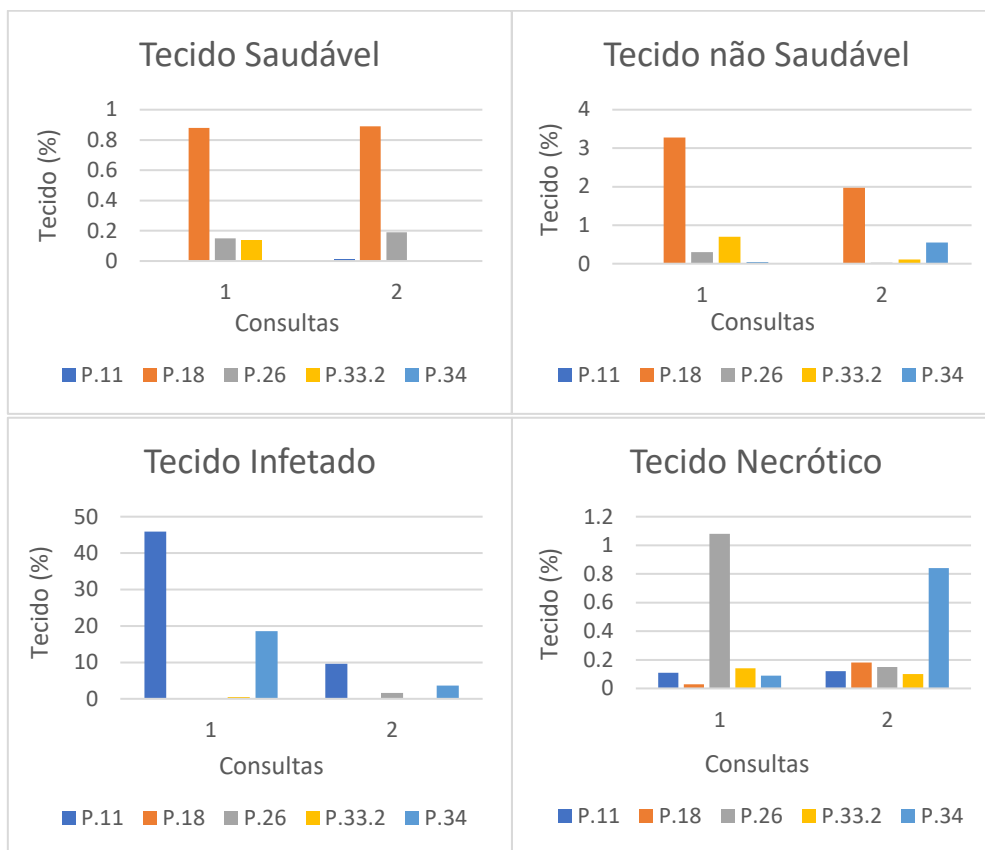


Figura 33: Gráficos referentes à percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera conseguida através da aplicação móvel do grupo 1.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 33), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, o paciente 11 apresenta uma diminuição do tecido infetado e mantém a percentagem de tecido necrótico, o paciente 18 mantém a percentagem de tecido saudável, diminui a percentagem de tecido não saudável e aumenta a percentagem de tecido necrótico, o paciente 26 aumenta a percentagem de tecido saudável e diminui a percentagem de tecido não saudável e necrótico, o paciente 33.2 diminui a percentagem de tecido saudável, não saudável e necrótico e o paciente 34 aumenta a percentagem de tecido não saudável e necrótico e diminui a percentagem de tecido infetado.

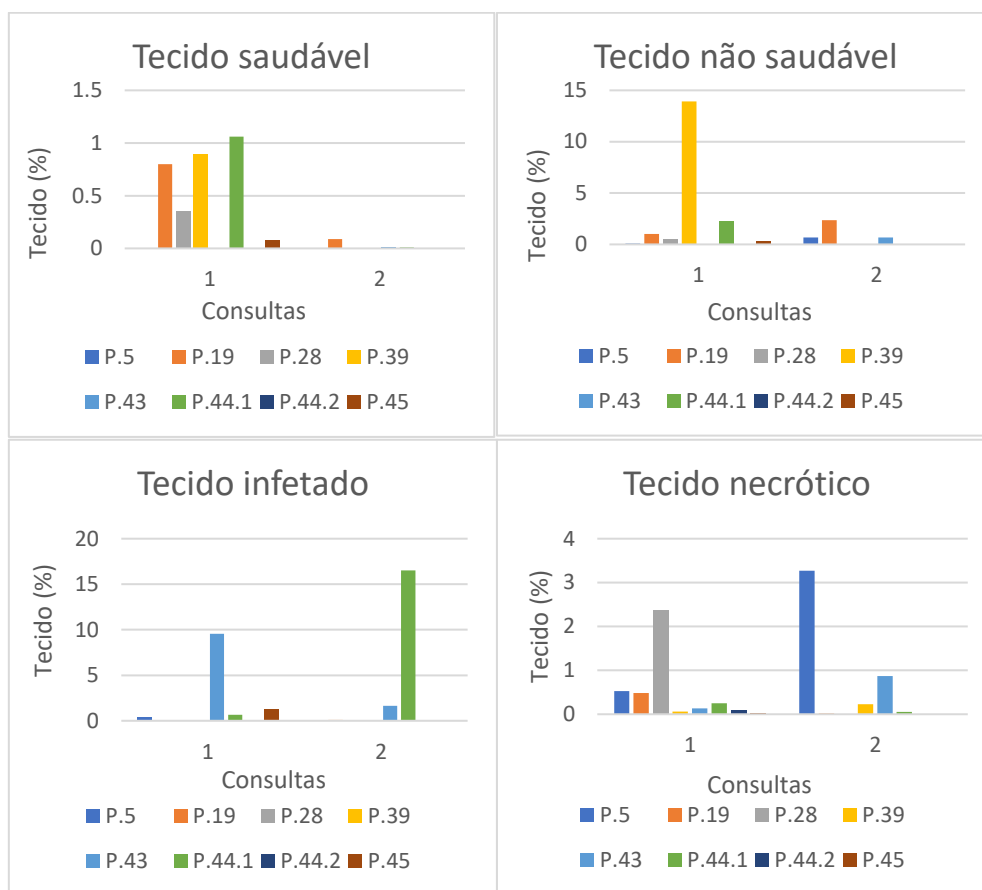


Figura 34: Gráficos referentes à percentagem de tecido saudável, não saudável, infectado e necrótico da úlcera conseguida através da aplicação móvel do grupo 2.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 34), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, o paciente 5 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido infectado e necrótico e aumenta a percentagem de tecido não saudável, o paciente 19 apresenta uma diminuição a percentagem de tecido saudável e necrótico e aumenta a percentagem de tecido não saudável, o paciente 28 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido saudável e necrótico, o paciente 39 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido saudável e não saudável e um aumento da percentagem de tecido necrótico, o paciente 43 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido infectado e aumento da percentagem de tecido necrótico e tecido não saudável, o paciente 44.1 apresenta uma diminuição da percentagem de todos os tecidos exceto o tecido infectado, o paciente 44.2 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido necrótico e o paciente 45 apresenta uma diminuição da percentagem de todos os tecidos.

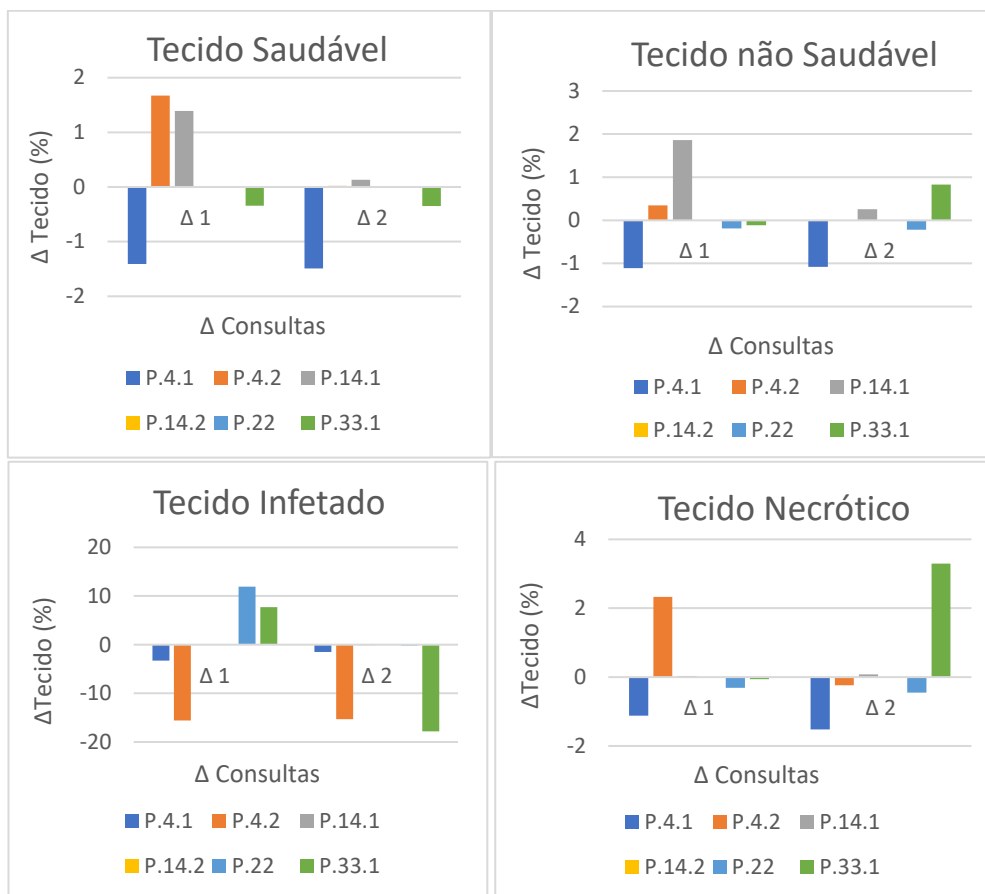


Figura 35: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 3.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 35), verifica-se que ao longo das consultas, o paciente 4.1 apresenta uma diminuição da percentagem de todos os tecidos, o paciente 4.2 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido infetado e necrótico e um aumento na percentagem de tecido saudável e não saudável, o paciente 14.1 apresenta uma ligeira diminuição da percentagem de tecido saudável, não saudável e necrótico, o paciente 22 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido não saudável e necrótico e um aumento da percentagem de tecido infetado e o paciente 33.1 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido saudável e infetado e um aumento da percentagem de tecido não saudável e necrótico.



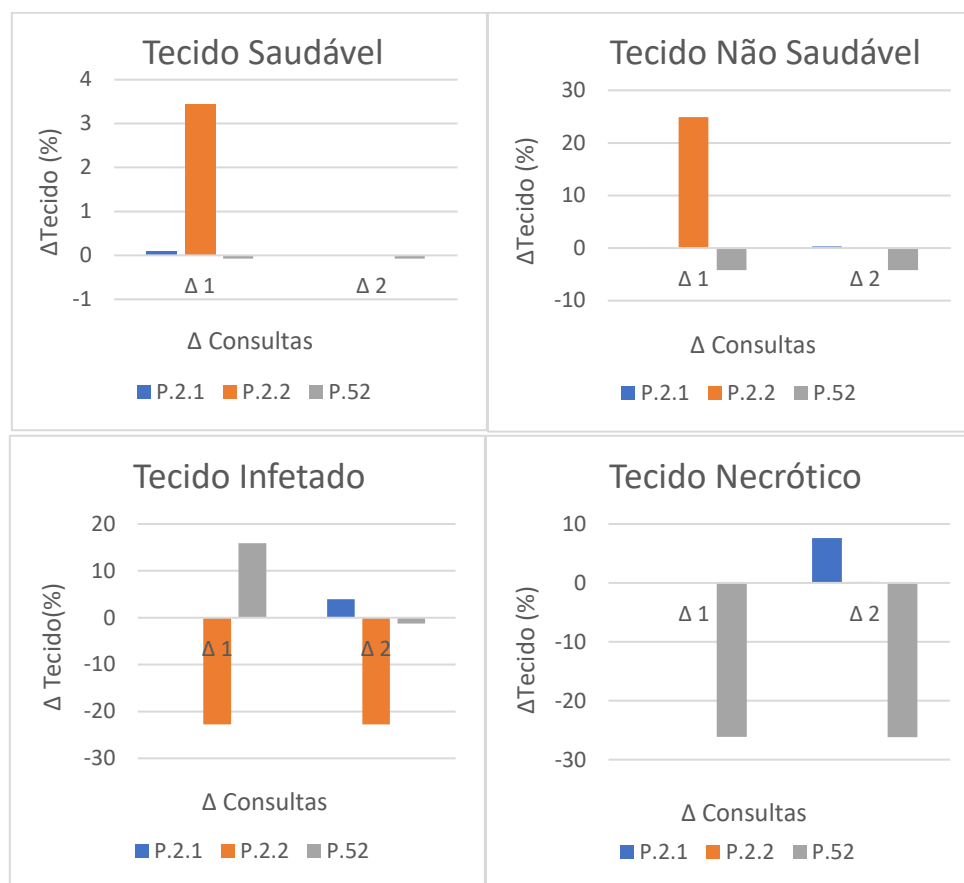


Figura 36: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 4.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 36), verifica-se que ao longo das consultas, o paciente 2.1 apresenta um aumento da percentagem de tecido infetado e necrótico, o paciente 2.2 apresenta um aumento da percentagem de tecido saudável e não saudável e uma diminuição da percentagem de tecido infetado e o paciente 52 apresenta uma diminuição da percentagem de todos os tecidos.

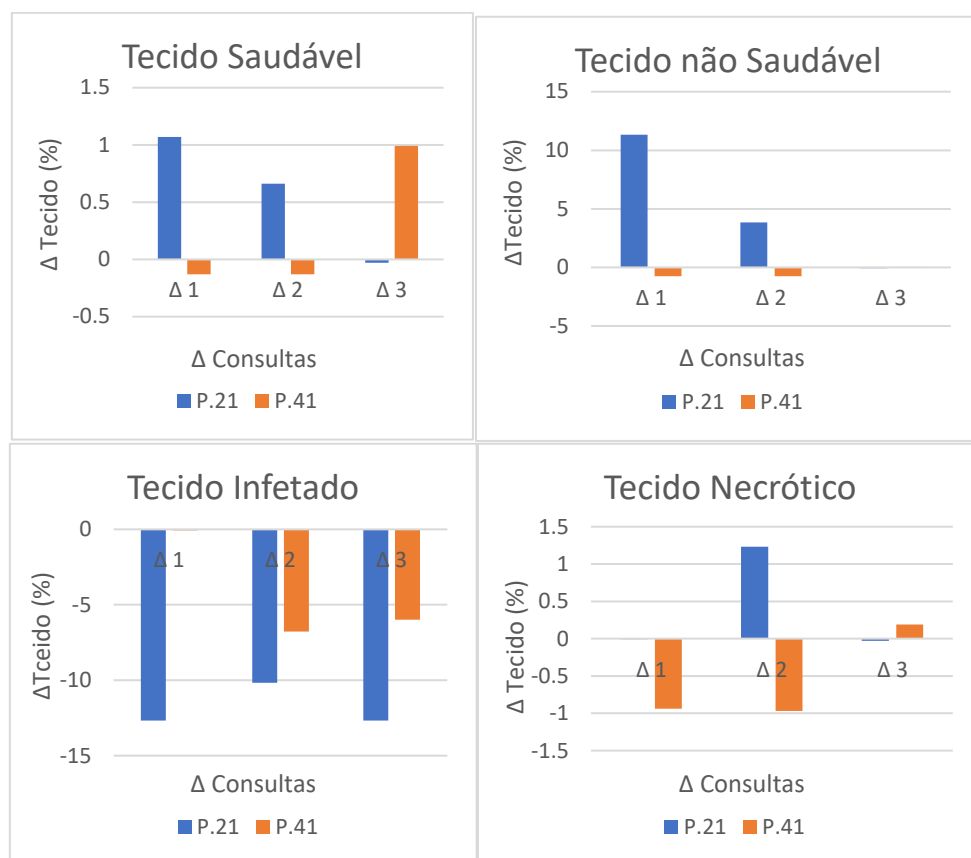


Figura 37: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 5.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 37), verifica-se que ao longo das consultas, o paciente 21 apresenta uma diminuição na percentagem de todos os tipos de tecido exceto o tecido não saudável e o paciente 41 apresenta uma diminuição na percentagem de tecido não saudável e infetado e um aumento do tecido saudável e necrótico.

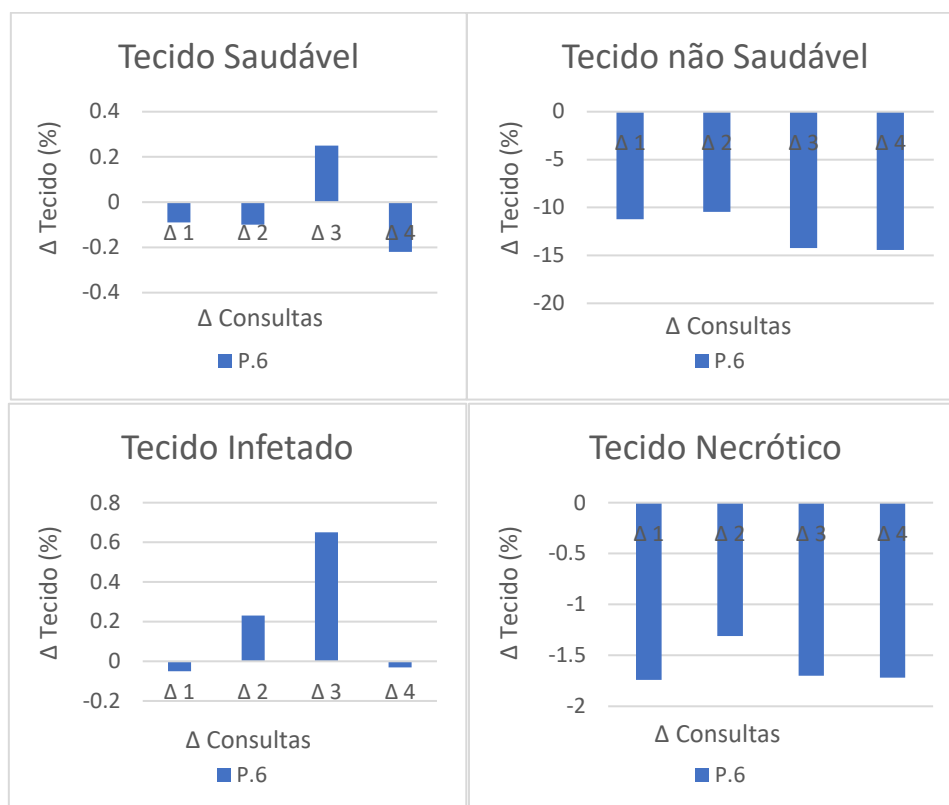


Figura 38: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infectado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 6.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 38), verifica-se que ao longo das consultas, o paciente 6 apresenta uma diminuição na percentagem de todos os tecidos, notando que no tecido infectado houve um aumento até à quarta consulta, no entanto na última consulta verifica-se uma diminuição comparativamente à primeira consulta.

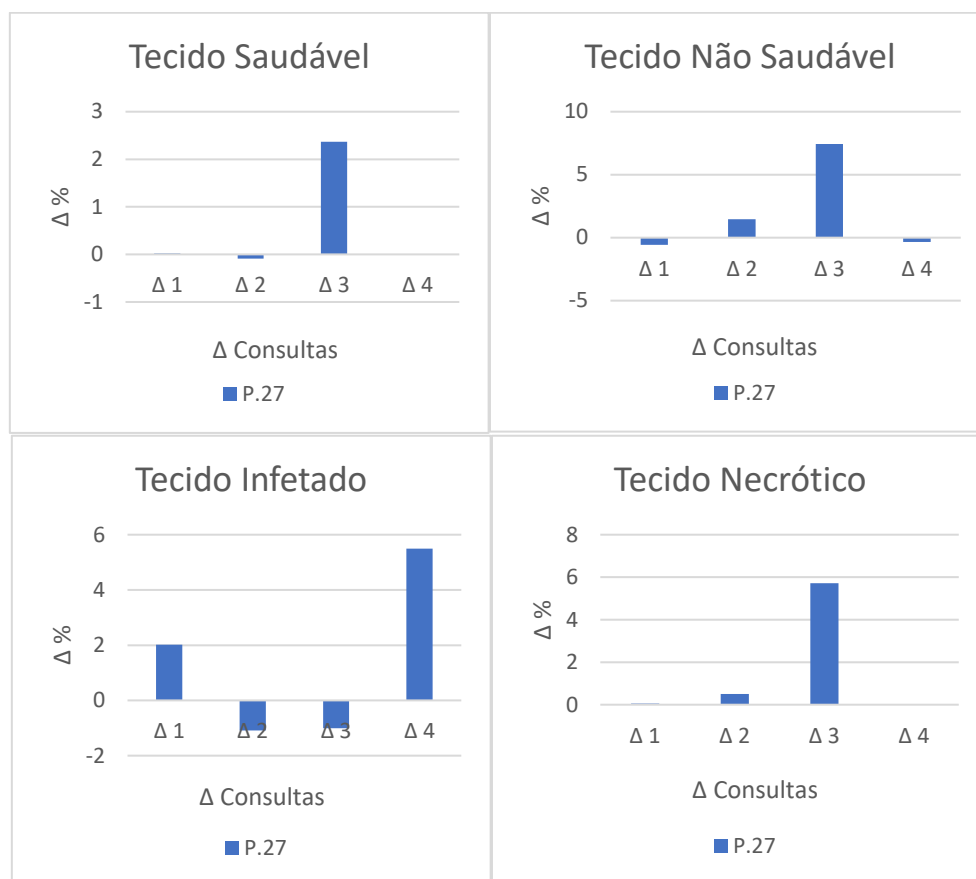


Figura 39: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infetado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 7.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 39), verifica-se que ao longo das consultas, o paciente 27 apresenta um aumento da percentagem de todos os tecidos à exceção do tecido não saudável onde se verifica que comparando a última com a primeira consulta ocorre uma diminuição da percentagem.

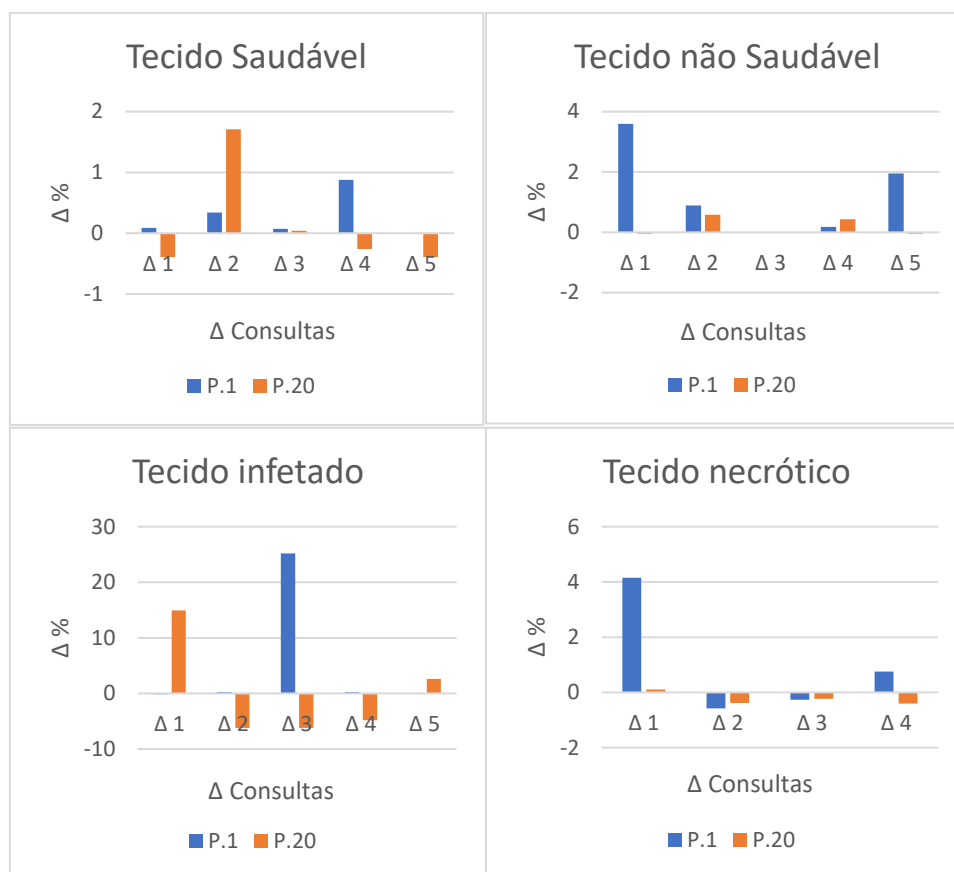


Figura 40: Gráficos referentes ao diferencial da percentagem de tecido saudável, não saudável, infectado e necrótico da úlcera entre consultas do grupo 8.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 40), verifica-se que ao longo das consultas, o paciente 1 apresenta um aumento da percentagem de todos os tipos de tecido e o participante 20 apresenta uma diminuição da percentagem de tecido saudável e necrótico e um aumento da percentagem de tecido não saudável e infectado.

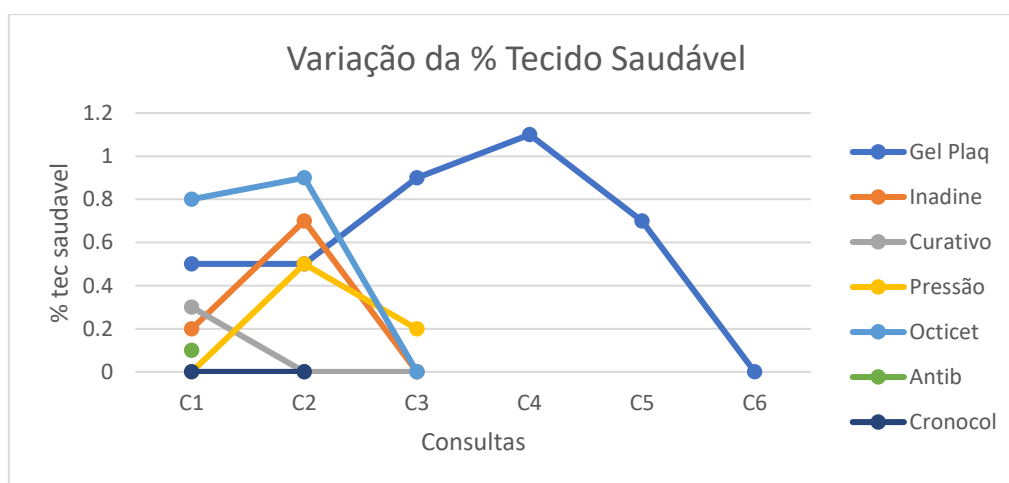


Figura 41: Variação da média da percentagem de tecido saudável nas úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas.

No gráfico de dispersão acima apresentado (Figura 41), verifica-se que há uma diminuição ao longo das consultas da média da percentagem de tecido saudável das úlceras diabéticas dos pacientes em todos os tratamentos, exceto nos pacientes sujeitos ao tratamento “Pressão”.

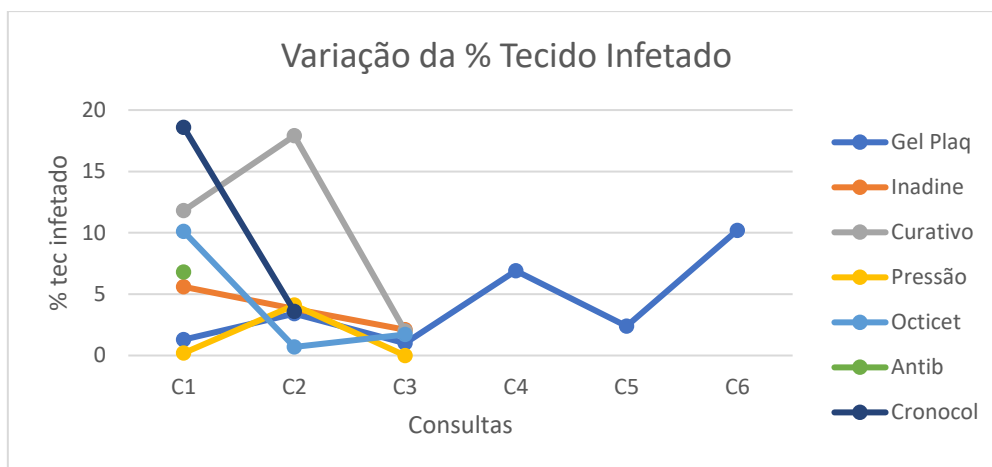


Figura 42: Variação da média da percentagem de tecido infectado nas úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas.

No gráfico de dispersão acima apresentado (Figura 42), verifica-se que há uma diminuição ao longo das consultas da média da percentagem de tecido infectado das úlceras diabéticas dos pacientes em todos os tratamentos, exceto nos pacientes sujeitos ao tratamento “Gel Plaquetário”.

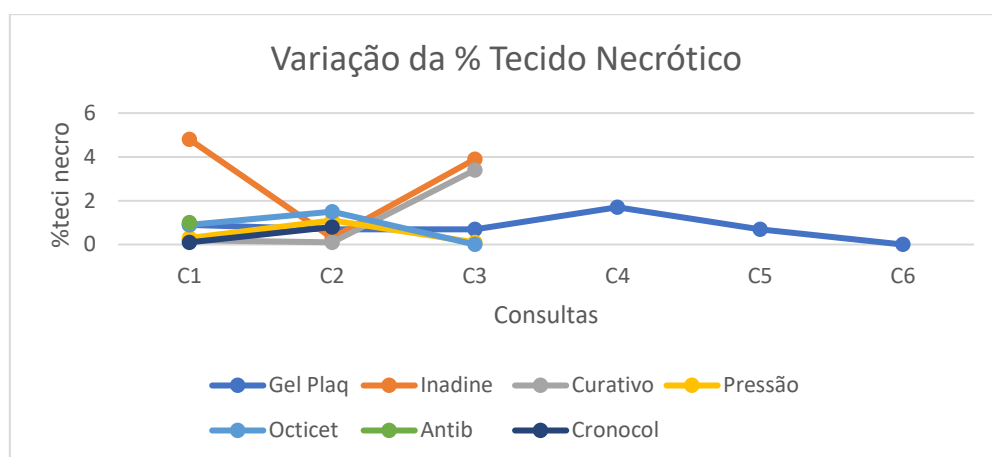


Figura 43: Variação da média da percentagem de tecido necrótico nas úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas.

No gráfico de dispersão acima apresentado (Figura 43), verifica-se que há uma diminuição ao longo das consultas da média da percentagem de tecido necrótico das úlceras diabéticas dos pacientes em todos os tratamentos, exceto nos pacientes sujeitos ao tratamento “Curativo” e “Cronocol”.

### 4.3. Caraterização por escala PUSH

Na Tabela 7 estão apresentadas as frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) da escala PUSH pela aplicação móvel e pelo MatLab das úlceras diabéticas de todos os pacientes na primeira consulta.

Tabela 7: Frequências (média, desvio-padrão, mínimo e máximo) na caraterização através da caraterização por escala PUSH de todos os pacientes na primeira consulta.

	Caraterização	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
<b>APP</b>	Escala PUSH	11,61	4,03	0,00	18,00
<b>Matlab</b>	Escala PUSH	8,57	3,48	0,00	15,00

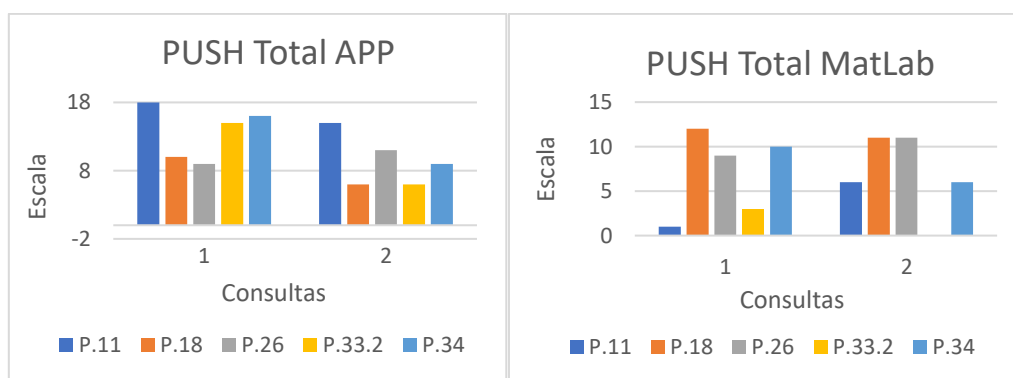


Figura 44: Gráficos referentes à escala PUSH (App e MalLab) ao longo da primeira e segunda consulta do grupo 1.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 44), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, pela aplicação móvel os pacientes 11, 18, 33.2 e 34 apresentam uma diminuição na escala PUSH e o paciente 26 um aumento. Pelo programa MatLab, os pacientes 11 e 26 apresentam um aumento da escala PUSH e os restantes uma diminuição.

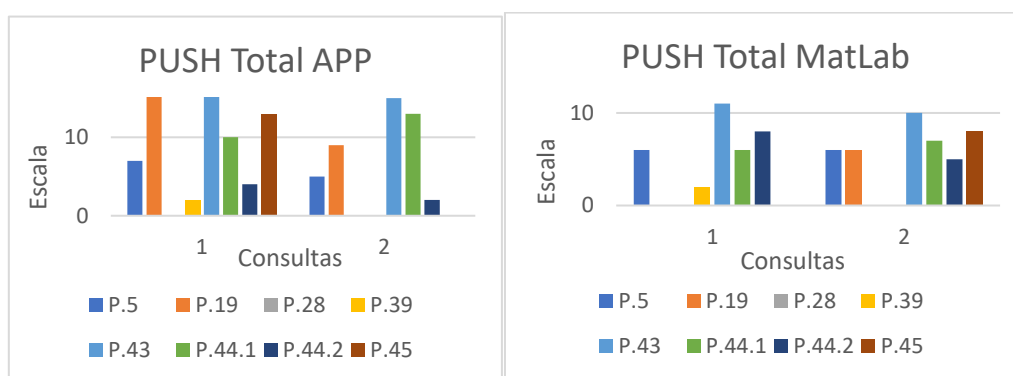


Figura 45: Gráficos referentes à escala PUSH (App e MalLab) ao longo da primeira e segunda consulta do grupo 2.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 45), verifica-se que da primeira para a segunda consulta, pela aplicação móvel, os pacientes 5, 19, 39, 43, 44.2 e 45 apresentam uma diminuição

da escala PUSH e o paciente 44.1 um aumento. Pelo programa MatLab verifica-se uma diminuição da escala PUSH nos pacientes 5, 39, 43, 44.2 e um aumento nos pacientes 19, 44.1 e 45.

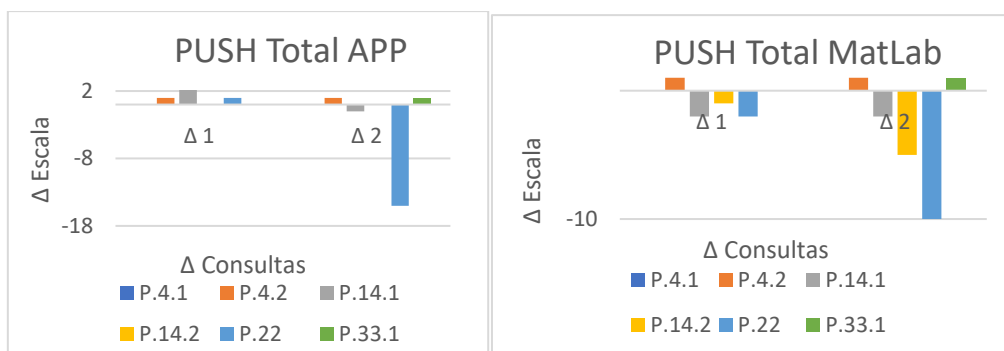


Figura 46: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MatLab) entre consultas do grupo 3.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 46), verifica-se que ao longos das consultas, pela aplicação móvel os pacientes 4.2 e 33.1 apresentam um aumento da escala PUSH e os pacientes 14.1 e 22 uma diminuição. Pelo programa MatLab, verifica-se um aumento da escala PUSH nos pacientes 4.2 e 33.1 e uma diminuição nos pacientes 14.1, 14.2 e 22.

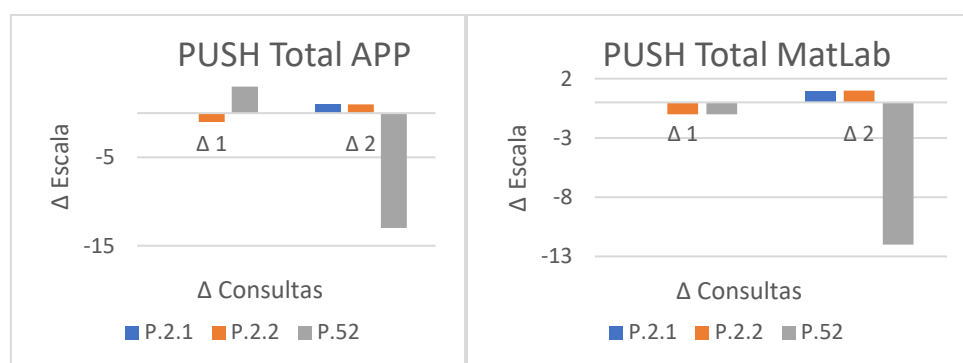


Figura 47: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MatLab) entre consultas do grupo 4.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 47), verifica-se que ao longos das consultas, pela aplicação móvel e pelo programa MatLab, os pacientes 2.1 e 2.2 apresentam um aumento na escala PUSH e o paciente 52 uma diminuição.

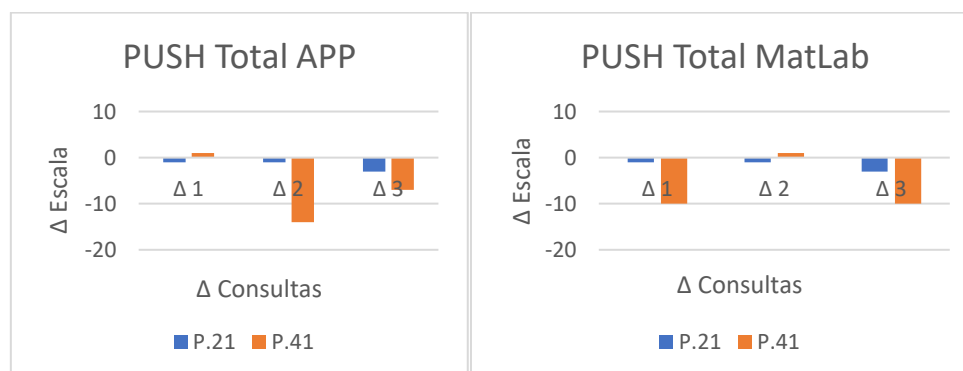


Figura 48: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MatLab) entre consultas do grupo 5.



Nos gráficos acima apresentados (Figura 48), verifica-se que ao longos das consultas, pela aplicação móvel e pelo programa MatLab, os pacientes 21 e 41 apresentam uma diminuição da escala PUSH.

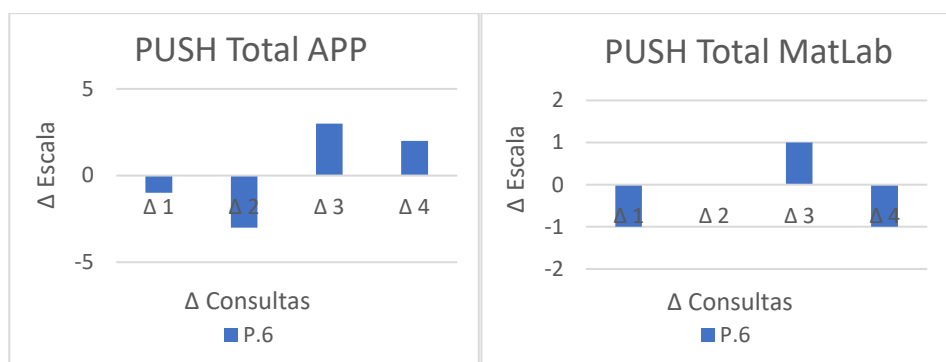


Figura 49: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MatLab) entre consultas do grupo 6.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 49), verifica-se que ao longos das consultas, pela aplicação móvel, o paciente 6 apresenta um aumento da escala PUSH e pelo programa MatLab é apresentada uma diminuição.

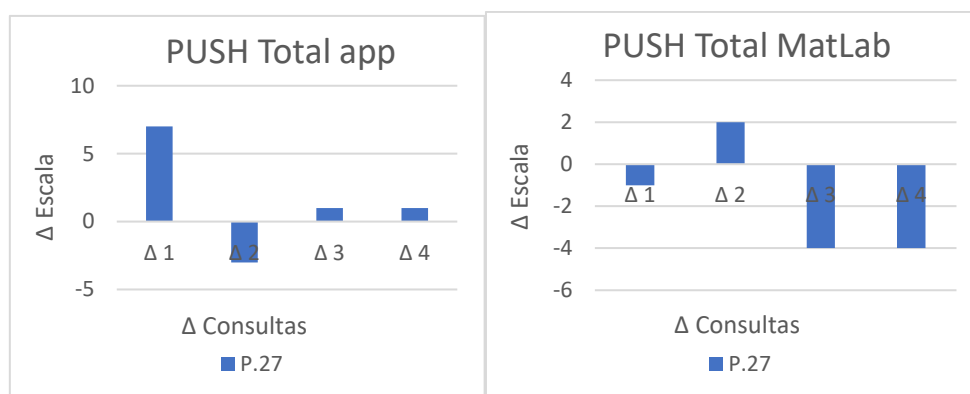


Figura 50: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MatLab) entre consultas do grupo 7.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 50), verifica-se que ao longos das consultas, pela aplicação móvel, o paciente 27 apresenta um aumento da escala PUSH e pelo programa MatLab é apresentada uma diminuição.

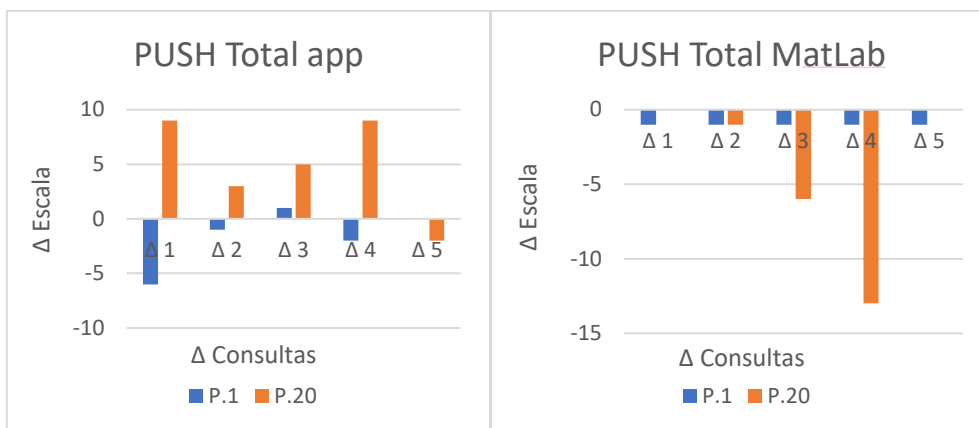


Figura 51: Gráficos referentes ao diferencial da escala PUSH (App e MatLab) entre consultas do grupo 8.

Nos gráficos acima apresentados (Figura 51), verifica-se que ao longos das consultas, pela aplicação móvel e pelo programa MatLab, os pacientes 1 e 20 apresentam uma diminuição da escala PUSH, sendo mais notória para o paciente 20 no gráfico do programa MatLab.

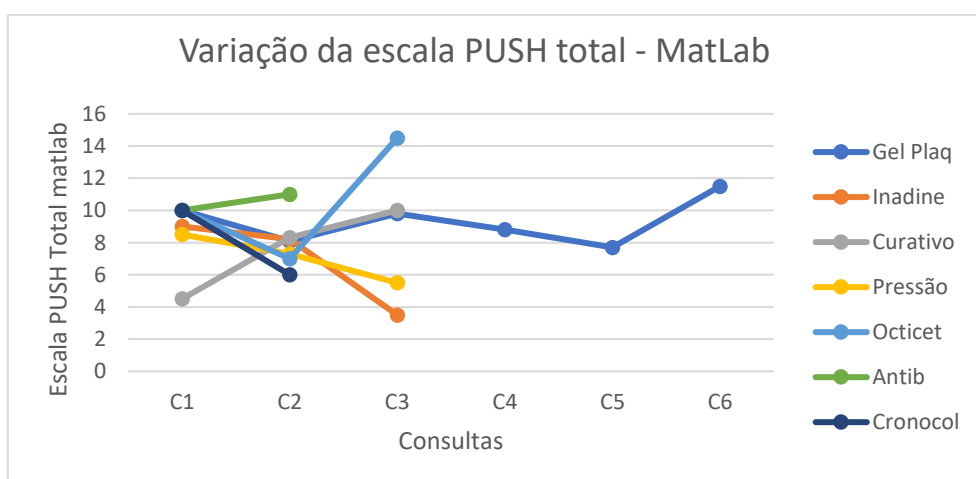


Figura 52: Variação da média da escala PUSH total baseada no registo de MatLab das úlceras diabéticas de cada tratamento ao longo das consultas.

No gráfico de dispersão acima apresentado (Figura 52), verifica-se que há uma diminuição ao longo das consultas da média da escala PUSH obtida com base no registo a partir do programa MatLab em todos os tratamentos, exceto nos pacientes sujeitos ao tratamento “Gel Plaquetário”, “Curativo”, “Octicet” e “Antibiótico”.

## 4.4. Correlações

Neste subcapítulo apresentam-se as correlações significantes entre as diferentes caracterizações às úlceras diabéticas de todos os pacientes na primeira consulta.

Abreviaturas na tabela: **A.S:** Tecido Saudável obtido pela aplicação móvel; **A.I:** Tecido Infetado obtido pela aplicação móvel; **M.VC:** Pixeis Vermelho Claro obtido pelo MatLab; **M.B:** Pixeis brancos obtido pelo MatLab; **D.T:** diferença de temperatura; **T.Me:** temperatura média; **T.Mi:** temperatura mínima; **T.Ma:** temperatura máxima; **M.PU.A:** escala PUSH da área obtido pelo MatLab; **M.PU.E:** escala PUSH do exsudado da úlcera calculado a partir dos dados do MatLab; **M.Ar:** área obtida pelo MatLab.

*Tabela 8: Coeficiente de Correlação de Spearman ( $\rho$ ) entre as caracterizações feitas a todos os pacientes na primeira consulta. \*. A correlação é significativa ao nível 0,05 (bilateral); \*\*. A correlação é significativa ao nível 0,01 (bilateral).*

$\rho$	A.S	A.I	M.VC	M.B	D.T	T.Me	T.Mi	T.Ma	M.PU.A	M.PU.E	M.Ar
<b>A.S</b>	-		0,31*		0,39**						
<b>A.I</b>		-		0,29*	-0,31*						
<b>M.VC</b>	0,31*		-		0,49**						
<b>M.B</b>		0,29*		-							
<b>D.T</b>	0,39**	-0,31*	0,49**		-	0,34*		0,44**	0,36*	-0,28*	0,39**
<b>T.Me</b>					0,34*	-					
<b>T.Mi</b>							-	0,86**			
<b>T.Ma</b>					0,44**		0,86**	-			
<b>M.PU.A</b>					0,36*				-		
<b>M.PU.E</b>					-0,28*					-	
<b>M.Ar</b>					0,39**						-

Na Tabela 8, acima apresentada, verifica-se que a percentagem de tecido saudável obtida a partir da aplicação móvel está correlacionada com a percentagem de pixéis vermelho claro obtidos pelo MatLab, apresentando um  $\rho = 0,31^*$ , o mesmo acontece entre a percentagem de tecido infetado e a percentagem de pixéis brancos, apresentando um  $\rho = 0,29^*$ . Verifica-se também uma interessante correlação entre a diferença de temperatura e a área da ferida obtido através do programa MatLab, e posteriormente na escala PUSH relativa à área, apresentando  $\rho = 0,39^{**}$  e  $\rho = 0,36^*$ , respetivamente. As correlações negativas apresentadas correspondem à relação entre o tecido infetado e diferença de temperatura ( $\rho = -0,31^*$ ) e entre a escala PUSH relativa à quantidade de exsudado e a diferença de temperatura ( $\rho = -0,28^*$ ). Por fim, é possível denotar que as temperaturas médias e máximas também se correlacionam com a diferença de temperatura, apresentando respetivamente um  $\rho = 0,34^*$  e  $\rho = 0,44^{**}$ .



# Capítulo V:

## Discussão

O capítulo V foca-se em fazer uma análise crítica aos resultados obtidos de forma a compreender se estes vão de encontro aos objetivos propostos no Capítulo I. Por essa razão, neste capítulo, os temas abordados estarão organizados conforme enunciado nos objetivos.

### 5.1. Discussão

Inicialmente, fez-se uma caracterização através da imagem térmica por infravermelhos. Na Tabela 4 verifica-se que os valores de temperatura das úlceras diabéticas e tecido circundante dos pacientes variam entre 21,8°C (valor mínimo das temperaturas mínimas) e 34,4°C (valor máximo das temperaturas máximas), sendo que a maior diferença de temperatura apresentada é de 6,2°C. É importante referir que, normalmente, os pacientes com pé neuropático apresentam valores de temperatura superiores e os pacientes com pé isquémico apresentam valores de temperatura inferiores nessa zona (53). Esta discrepância de valores pode ser justificada por, neste estudo, terem participado 14 pacientes com pé isquémico e 16 com pé neuropático. Relativamente à diferença de temperatura ao longo das consultas em cada grupo, verifica-se um aumento dessa diferença de temperatura em 12 pacientes, em que, quatro estiveram sujeitos ao tratamento “Inadine”, três ao tratamento “Curativo”, dois ao tratamento “Pressão”, dois ao tratamento “Gel Plaquetário” e um ao tratamento “Cronocol”. Analisando os resultados da Figura 23, é possível verificar que o único tratamento em que não há um aumento da média das diferenças de temperatura é o “Antibiótico”. Este facto pode-se justificar pelo antibiótico ser o tratamento que melhor trata a infeção e dessa forma contribui para uma temperatura mais homogénea em todo o pé, inclusive na úlcera diabética (24).

Na segunda parte dos resultados (Tabela 5) verifica-se que o desvio-padrão associado à média calculada é bastante elevado, o que não demonstra total credibilidade dos resultados, havendo muita discrepância dos mesmos. Verifica-se que a área das úlceras varia entre os 0 cm<sup>2</sup> e os 24,4 cm<sup>2</sup> e que os a cor mais predominante de pixéis é vermelho escuro que apresenta a média mais elevada, no entanto, o valor de máximo mais elevado é dos pixéis brancos e pretos. A área apresentada corresponde apenas à área obtida através do MatLab uma vez que a área obtida pela aplicação móvel se mostrou irrealista, não sendo posteriormente considerada para a apresentação dos resultados. Nos gráficos de barras apresentados em seguida à Tabela 5, existem oito pacientes que apresentam um aumento da área da úlcera diabética e estão sujeitos aos tratamentos: “Octicet”, “Pressão”, “Curativo”, “Gel plaquetário” e “Inadine”. Uma vez que os

únicos tratamentos não enunciados são o “Cronocol” e o “Antibiótico” e ambos têm o poder de controlar a infeção, considera-se que é importante o controlo da infeção para diminuição do tamanho da ferida (24), visto que também o “Cronocol” contém um antibiótico na sua constituição (25). Curiosamente, analisando a Figura 32, o único tratamento em que a média da área dos pacientes aumenta ao longo das consultas é a “Pressão”. Este facto pode dever-se ao tratamento em causa não ter poder cicatrizante e apenas aliviar a pressão na úlcera diabética (36).

Na Tabela 6 verifica-se que o tecido mais presente é o tecido infetado sendo a sua média por todos os pacientes 5,52% e o seu máximo 45,94% e o tecido menos presente é o tecido saudável sendo que a sua média 0,62% e o máximo 11,77%. Seguindo a análise gráficos de barras, existem 8 pacientes que apresentam uma diminuição do tecido saudável, 8 um aumento do tecido não saudável, 5 um aumento do tecido infetado e 10 um aumento do tecido necrótico. Desta forma, o tecido em que mais pacientes tiveram aumento de percentagem ao longo das consultas é o tecido necrótico. De seguida, analisou-se a variação da média de percentagem de tecido por tratamentos ao longo das consultas. Os resultados relativamente ao tecido saudável estão de acordo com os verificados nos gráficos de barras uma vez que nenhum dos pacientes que sofreu diminuição da percentagem de tecido saudável esteve sujeito ao tratamento “Pressão”, que é exatamente o único tratamento onde se verifica um aumento da percentagem de tecido saudável na Figura 40. Os resultados seguintes também suportam os gráficos de barras uma vez que o único tratamento onde a percentagem de tecido infetado aumentou foi o “Gel Plaquetário” e, dos cinco pacientes que sofreram um aumento do tecido infetado três estiveram sujeitos a esse tratamento. Este facto pode ser justificado pelo “Gel Plaquetário” ser um tratamento que, apesar de acelerar a cicatrização, não controlar a infeção da úlcera (29). Por fim, sobre a variação da percentagem de tecido necrótico, não existe uma coerência tão notória uma vez que, apesar de dois dos pacientes terem sido sujeitos aos tratamentos onde, na Figura 43, se verifica um aumento da percentagem (“Curativo” e “Cronocol”), existem ainda mais oito pacientes que sofreram um aumento deste tipo de tecido e estão sujeitos a outro tipo de tratamentos. Uma vez que o tecido necrótico é um tecido não vivo, ou seja, as células e vasos sanguíneos nessa parte do corpo estão mortos, nenhum dos tratamentos mencionados atua diretamente para controlar a necrose. Um tratamento que poderia resultar seria o “Desbridamento” que consiste na remoção deste tipo de tecido até tecido saudável ficar exposto (54).

Na Tabela 7, é possível verificar que, comparando a escala PUSH baseada nos dados obtidos pela aplicação móvel e pelo MatLab, os valores de média, desvio-padrão e máximo são sempre superiores. Isto aconteceu uma vez que, como já mencionado, o valor de área obtido pela aplicação móvel não é real, sendo sempre bastante superior. De seguida, através dos gráficos de barras verifica-se que os pacientes que obtiveram um aumento da escala PUSH baseada na aplicação móvel foram: 2.1, 2.2, 4.2, 6, 26, 27, 33.1 e 44.1 e baseada no MatLab foram: 2.1, 2.2, 4.2, 11, 19, 26, 33.1, 44.1 e 45. Vinte dos pacientes avaliados apresentam coerência da escala PUSH tanto obtida pela aplicação móvel como pelo MatLab, o que

demonstra que apesar dos valores de área serem um pouco diferentes entre programas, este método consegue generalizar a avaliação e tornar-se fidedigno. Na Figura 52, verifica-se que os tratamentos onde houve um aumento da escala PUSH são “Gel Plaquetário”, “Curativo”, “Octicet” e “Antibiótico”. Estes resultados correspondem aos tratamentos aos quais os pacientes enunciados anteriormente estiveram sujeitos, como tendo um aumento da escala PUSH (MatLab)

Por fim, no último subcapítulo apresentam-se as correlações entre as características obtidas de todos os pacientes na primeira consulta. As correlações apresentadas são apenas as correlações significativas. Esperava-se inicialmente que, todas as percentagens de tecidos obtidos pela aplicação móvel e pelo MatLab estivessem correlacionadas entre si, no entanto isso só se verificou no tecido saudável/pixéis vermelhos claros ( $\rho = 0,31$ ) e no tecido infetado/pixéis brancos ( $\rho = 0,29$ ). Relacionou-se por fim, a diferença de temperatura com os tipos de tecido e também com a área da úlcera diabética. Ao contrário do que se esperava, o tecido que apresentou correlação positiva com a diferença de temperatura foi o tecido saudável e o tecido infetado apresentou correlação negativa, o que não seria de esperar uma vez que quanto mais infetada e necrosada a ferida maior diferença de temperatura com o tecido saudável circundante deveria apresentar (49). Relativamente à correlação entre a área e a diferença de temperatura verificou-se o expectável, isto é, que seria uma correlação positiva ( $\rho = 0,44$ ).

Os resultados não esperados podem ter sido influenciados por algumas limitações presentes neste estudo como o facto de existirem critérios de inclusão de participantes o que fez com que alguns pacientes não pudessem participar, reduzindo assim o número de pacientes em estudo e por conseguinte a qualidade e coerência dos resultados obtidos, a necessidade de um ambiente térmico controlado e de um período de aclimatização de cerca de 15 minutos dos pacientes para posterior obtenção da imagem térmica. Outra limitação prendeu-se com o processamento das imagens térmicas que, por dificuldades de implementação de métodos mais avançados se optou por uma abordagem mais básica, afetando a qualidade dos resultados.

Apesar das limitações, este estudo mostrou-se inovador por ter sido a primeira abordagem feita com integração dos três métodos mencionados.





# Capítulo VI:

## Conclusão e Trabalhos Futuros

### 6.1. Conclusão

A finalidade desta dissertação foi desenvolver uma métrica que fosse capaz de identificar a eficácia de um tratamento a úlceras diabéticas através da conjugação dos métodos: caracterização por imagem de espectro visível, escala PUSH e imagem térmica por infravermelhos.

As principais conclusões após a realização deste estudo foram:

- A área da úlcera diabética é um parâmetro que se correlaciona com a diferença de temperatura;
- O tratamento mais eficaz pela caracterização termográfica, ou seja, o único em que ocorreu diminuição da diferença de temperatura entre a úlcera diabética e a sua periferia ao longo das consultas, é o “Antibiótico”;
- O tratamento menos eficaz relativo à diminuição da área da úlcera diabética é a “Pressão”;
- O tratamento menos eficaz na infeção é o “Gel Plaquetário”;
- O tratamento menos eficaz no controlo do tecido necrótico são o “Curativo” e o “Cronocol”;
- Relativamente à escala PUSH, que permitiu avaliar de forma geral os tratamentos, concluiu-se que os tratamentos menos eficazes foram “Gel Plaquetário”, “Curativo”, “Octicet” e “Antibiótico”.
- O tratamento mais eficaz relativamente a uma abordagem geral de todos os resultados apresentados é o “Inadine”.

Estas conclusões traduzem a efetividade dos tratamentos para diferentes úlceras diabéticas. Denota-se que em alguns casos dever-se-ia fazer mais do que um tratamento ou tratamentos complementares de forma a não só atuarem na cicatrização como também no tipo de tecido predominante na úlcera diabética. Por fim, esta abordagem mostrou-se inovadora no sentido de ter sido a primeira a incorporar os três métodos utilizados em sintonia.

### 6.2. Trabalhos Futuros

De forma a dar continuidade a este estudo, propõe-se um processamento mais elaborado das imagens térmicas através de programas que automaticamente criem o perfil de temperaturas

da úlcera diabética e tecido circundante bem como os valores de diferença de temperatura. Outras sugestões são o processamento das imagens de espectro visível mais detalhado sobre a úlcera diabética e o desenvolvimento de uma aplicação móvel onde seja possível conciliar os três métodos apresentados e avaliar de uma forma mais rápida e eficaz os parâmetros também aqui analisados.

# Referências

1. Direção Geral da Saúde. Programa Nacional da Diabetes. Plano Nac da Diabetes. 2017;20.
2. Direção-Geral da Saúde. Programa Nacional para Diabetes 2017. Plano Nac da Diabetes. 2017;20.
3. Emanuel F, Palorca O, Leite C, Leite FEOPC. Pé Diabético. Fac Med. 2010;7:48.
4. Diagnosis and classification of diabetic foot. Diabet Neuropathy Study. 2004;
5. Obolenskiy VN, Protsko VG, Komelyagina EY. Classification of diabetic foot , revisited. Wound Med. 2017;18:1–7.
6. Lakhtakia R, Langerhans P. The History of Diabetes Mellitus. 2013;13(August):368–70.
7. Porselvi A, Shankar MSU, Lakshmi KS, Sankar V. A Retrospective Qualitative Study on Current Diabetic Foot Ulcer Management and Discussion on Extended Role of Clinical Pharmacist. Marmara Pharm J. 2017;412–8.
8. American Diabetes Association. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetes Care. 2014;58(6):1355.
9. Candeias A, Boavida J, Correia L, Pereira M, Almeida M, Duarte R. Programa Nacional de Prevenção e Controlo da Diabetes. Direção-Geral da Saúde. 2008;18.
10. Ornehholm H. Recurrent and other new foot ulcers after healed plantar forefoot diabetic ulcer. Wound Repair Regen. 2017;309–15.
11. Canivell S, Gomis R. Diagnosis and classification of autoimmune diabetes mellitus. Autoimmun Rev. 2014;13(4–5):403–7.
12. Liu E, Kaidonis G, Mccomish BJ, Gillies MC, Abhary S, Essex W, et al. MicroRNA-Related Genetic Variants Are Associated With Diabetic Retinopathy in Type 1 Diabetes Mellitus. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2019;
13. Kharroubi AT, Darwish HM. Diabetes mellitus: The epidemic of the century. 2015;6(6):850–67.
14. Cousart TH, Handley M. Implementing Diabetic Foot Care in the Primary Care Setting. 2017;13(3):e129–32.
15. Duby Jeremiah J, Campbell R. K, Setter Stephen M, White John R, Rasmussen Kristin A. Diabetic neuropathy: An intensive review. 2004;61(2):160-173,175-176.
16. Sohrabi S, Russell D. Diabetic foot and foot debridement technique. Surg (United Kingdom). 2017;35(9):500–4.
17. Rollo HA, Yoshida WB, Muçaçah G, Brandão S, Lastória S, Rollo HA, et al. Síndrome compartimental crônica de membros inferiores. Soc Bras Angiol e Cir Vasc. 2014;(May).
18. Münter C;, Price P, van der Werven, Wilma Ruigrok; Sibbald G. Úlceras do pé diabético. Prevenção e tratamento. Coloplast - Biatain. 2013;4–33.
19. Moreira, Stéfani; Castilho W. Pé diabético. Universidade Federal de São Paulo.
20. Grigoropoulou P, Eleftheriadou I, Jude EB, Tentolouris N. Diabetic Foot Infections: an Update in Diagnosis and Management. Curr Diab Rep. 2017;17(1).
21. Aishwarya. V, R.Chandralekha, Sarika.R, Shreeja.J PM. Diabetic foot ulcer assessment through the aid of smart phone. Int J Comput Eng Appl. 2016;X(lv):53–7.

22. Manual de prevenção e tratamento de lesões de pele. Unimed. 2016;
23. Duarte N, Gonçalves A. Pé Diabético. Angiol e Cir Vasc [Internet]. 2011;7(2):65–79.
24. Costa Almeida C, Balhau AP, Alves CP, Neves J, Mendes M, Pinheiro LF, et al. PÉ DIABÉTICO: Recomendações para o diagnóstico, profilaxia e tratamento. Soc Port Cir. 2006;27.
25. Infarmed. Folheto Informativo- Cronocol. 2019. p. 2–6.
26. Munter C, et.al. Diabetic foot ulcers – prevention and treatment Table of contents. Coloplast. 2012;
27. Hilton JR, Williams DT, Beuker B, Miller DR, Harding KG. Wound Dressings in Diabetic Foot Disease. Clin Infect Dis. 2004;39(Supplement\_2):S100–3.
28. Lopes R de O. Elaboração de protocolo de prevenção e tratamento do pé diabético. Univ Fed Minas Gerais. 2012;
29. Bonfá A. Efeito do gel de plasma rico em plaquetas na cicatrização de enxertos cutâneos em equinos. 2017;1–12.
30. Moreno R, Carreño MG, Torres JJ, Alonso JM, Villimar A, Sánchez L. Técnicas de obtención del plasma rico en plaquetas y su empleo en terapéutica osteoinductora. 2015;39(3):130–6.
31. Suplemento. JMV Prod Hosp.
32. Schulke. Informação de Produto: Medicamento Antisséptico de Nova Geração. 2010.
33. Ferreira MC, De Carvalho VF, Kamamoto F, Tuma P, Paggiaro AO. Negative pressure therapy (vacuum) for wound bed preparation among diabetic patients: Case series. Sao Paulo Med J. 2009;127(3):166–70.
34. Lima R. Terapia por pressão negativa no tratamento de feridas complexas. Rev Col Bras Cir. 2017;44(1):81–93.
35. CONITEC. Oxigenoterapia hiperbárica. Comissão Nac Inc Tecnol no SUS. 2018;
36. Santos H. Caracterização do feltro de lã para aplicação em produtos ortopédicos e hospitalares. 2018.
37. Wang L, Pedersen PC, Agu E, Strong D, Tulu B. Area determination of diabetic foot ulcer images using a cascaded two-stage SVM based classification. 2016;9294(c).
38. Wang SC, Anderson JAE, Evans R, Woo K, Beland B, Sasseville D, et al. Point-of-care wound visioning technology : Reproducibility and accuracy of a wound measurement app. 2017;
39. Frade RA, Vardasca R, Carvalho R, Mendes J. Automatic Classification of Ulcers Through Visual Spectrum Image. Springer Int Publ. 2017;2.
40. García-Zapirain B, Elmogy M, El-Braz A, Elmaghary AS. Classification of pressure ulcer tissues with 3D convolutional neural network. Med Biol Eng Comput. 2018;56(12):2245–58.
41. NPUAP. Pressure Ulcer Scale for Healing ( PUSH ) PUSH Tool 3.0. Nac Press Ulcer Advis Panel. 1998;0–1.
42. Park KH. A Retrospective Study Using the Pressure Ulcer Scale for Healing (PUSH) Tool to Examine Factors Affecting Stage II Pressure Ulcer Healing in a Korean Acute Care Hospital. Wound Manag Prevnetion. 2014;60(9):40–51.
43. Gabriel J, Branco CA, Ferreira AP, Ramalhão C, Vardasca R, Clemente MP. Termografia: Imagem médica e Síndromes dolorosas. Lidel. Lidel, editor. 2016. 9-23 p.

44. Maria J, Tavares C. Processamento de Imagens Térmicas Para a Avaliação do Risco de Pé Diabético - FrontOffice. 2017;
45. Vardasca R, Vaz L, Mendes J. Classification and decision making of medical infrared thermal images. 2018;1–27.
46. Singh D, Singh AK. Computer Methods and Programs in Biomedicine Role of image thermography in early breast cancer detection- Past , present and future. Comput Methods Programs Biomed. 2019;183.
47. Fernández-cuevas I, Carlos J, Marins B, Arnáiz J, María P, Carmona G, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. Infrared Phys Technol. 2015;71:28–55.
48. Vieira A, Filho D, Carine A, Pt P, Cláudia A, Costa DS, et al. Accuracy of Infrared Thermography of the Masticatory Muscles for the Diagnosis of Mytogenous Temporomandibular Disorder. J Manipulative Physiol Ther. 2013;36(4):245–52.
49. Nakagami G, Sanada H, Iizaka S, Kadono T, Higashino T, Koyanagi H, et al. Predicting delayed pressure ulcer healing using thermography: a prospective cohort study. J Wound Care. 2010;19.
50. Keenan E, Gethin G, Flynn L. Enhanced thermal imaging of wound tissue for better clinical decision making Enhanced thermal imaging of wound tissue for better clinical decision making. 2017;
51. Mundstock E, Fachel J, Camey S, Agranonik M. Introdução à análise estatística utilizando o SPSS 13.0. Universidade federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática, Cadernos de Matemática e Estatística. 2006.
52. Akoglu H. User's guide to correlation coefficients. Turkish J Emerg Med. 2018;18(3):91–3.
53. Rita A, Marques S. Diabetic foot thermophysiology characterization. 2014;(October).
54. Rabeh S, Gonçalves M. Caraterísticas das feridas crónicas: Leito da Ferida. Avaliação feridas crónicas na Assist Enferm. 2012;25–32.



# Apêndices

## Apêndice I: Termo de consentimento informado fornecido aos pacientes.



### Modelo: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

O termo de consentimento informado deve ser específico do Estudo de Investigação (o modelo deve ser adaptado ao estudo em causa, acrescentando outros dados considerados pertinentes ou eliminando partes não aplicáveis).

Compete ao Investigador Responsável ou ao(s) elemento(s) da Equipa de Investigação em que ele delegue, prestar aos Participantes do estudo as informações necessárias ao consentimento livre e esclarecido.

Sugere-se que seja anexo ao termo um folheto informativo sobre o estudo para dar aos Participantes.

### TÍTULO DO ESTUDO DE INVESTIGAÇÃO

Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da evolução dos tratamentos às úlceras diabéticas

Eu, abaixo-assinado (NOME COMPLETO DO INDIVÍDUO PARTICIPANTE DO ESTUDO):

Fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a recolher dados para avaliação da evolução dos tratamentos em úlceras diabéticas.

Sei que neste estudo está prevista a realização de um questionário e posterior recolha de imagens visíveis e térmicas, tendo-me sido explicado em que consiste e quais os seus possíveis efeitos.

Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos Participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome do Participante no estudo

Data

Assinatura

\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nome do Investigador Responsável

Data

Assinatura

\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Apêndice II: Questionário aos pacientes em estudo**



**Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da evolução dos tratamentos às úlceras diabéticas**

**QUESTIONÁRIO AOS PARTICIPANTES NO ESTUDO**

**Investigadora Principal:** Ana Catarina de Sá Moreira

**Orientador (FEUP):** Doutor Ricardo Vardasca

Porto, 2018



Nº Processo: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Data de realização do inquérito: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Género: ☐ Masculino ☐ Feminino ☐ Outro

Data de nascimento: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

#### HISTÓRICO

1. Indique qual a condição crónica que possui:

☐ Diabetes tipo 1 ☐ Diabetes tipo 2 (☐ Insulino-tratado ☐ Não Insulino-tratado)

2. Indique o tipo de pé diabético:

☐ Pé neuropático ☐ Pé neuroisquémico ☐ Pé isquémico

3. Possui uma máquina para medir o nível de açúcar no sangue (glucose)?

☐ Não ☐ Sim

4. Com que frequência faz o teste para medir o nível de açúcar no sangue?

\_\_\_\_ vezes por mês    \_\_\_\_ vezes por semana    \_\_\_\_ vezes ao dia

#### MEDICAÇÃO

1. Na última semana tomou comprimidos para a diabetes?

☐ Não ☐ Sim ☐ Não sei

Especifique o(s) nome(s) dos comprimidos que tomou: \_\_\_\_\_

2. Na última semana tomou injeções de insulina?

☐ Não ☐ Sim ☐ Não sei

#### TRATAMENTO

1. Quando surgiu a úlcera?

☐ 1 mês ☐ 2 meses ☐ Meio ano ☐ 1 ano ☐ Mais de 1 ano

2. Quando iniciou o tratamento utilizado?

☐ 1 semana ☐ 1 mês ☐ 2 meses ☐ Meio ano ☐ 1 ano ☐ Mais de 1 ano

3. Qual o tratamento que está a fazer atualmente?

---

4. Ao longo do processo de monitorização o tratamento foi alterado? Se sim, para qual?

☐ Não ☐ Sim Qual? 

---

**CONDIÇÃO DE SAÚDE**

1. Em geral, como classifica a sua saúde:

☐ Muito Debitada ☐ Debitada ☐ Razoável ☐ Boa ☐ Excelente

2. Assinale se possui alguma das seguintes complicações

☐ Retinopatia ☐ Doenças Cardiovasculares ☐ Nefropatia ☐ Neuropatia ☐ Periodontite

3. Possui ou já possuiu alguma lesão nos pés devido à condição crónica que apresenta?

☐ Não ☐ Sim

Quais? (por exemplo, infeções na pele, fissuras, micoses)

---

4. Apresenta falta de sensibilidade nos pés?

☐ Não ☐ Sim

Caso a resposta seja afirmativa, indique na seguinte escala qual dos números melhor descreve a sua situação.



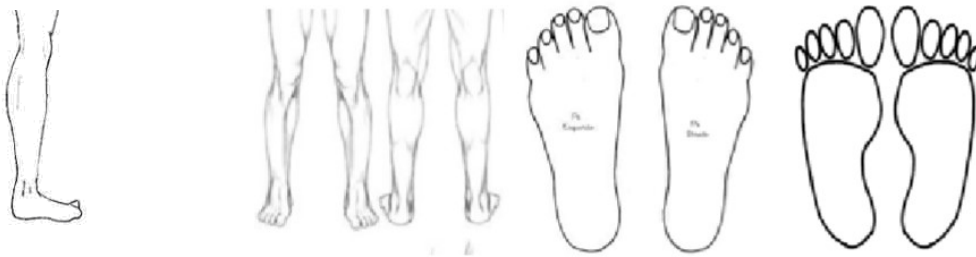
5. Já teve de amputar algum dedo do pé, devido a complicações resultantes de lesões, mais comumente denominadas de “pé diabético”?

☐ Não ☐ Sim

Se sim, assinale na figura qual dedo sofreu amputação:



6. Assinale na imagem onde se localiza a sua ulcera:



7. Assinale para cada uma das seguintes questões, a resposta que melhor descreve o seu estado de saúde.

### Mobilidade

- Não tenho qualquer problema em relação à minha mobilidade ☐
- Tenho alguns problemas em relação à minha mobilidade ☐
- Tenho muitos problemas de mobilidade, e necessito de ajuda externa ☐

### Cuidados pessoais

- Não tenho qualquer problema para em realizar os meus cuidados pessoais ☐
- Tenho algumas dificuldades ao vestir-me e com os cuidados de higiene ☐
- Sou incapaz de vestir-me e ter cuidados de higiene sozinho ☐

**Atividades diárias** (por exemplo, trabalho, estudo, lides domésticas)

Não tenho qualquer problemas ao realizar estas atividades

☐

Tenho algumas dificuldades para realizar estas atividades

☐

Estou incapacitado de realizar estas atividades

☐

**Dor/Desconforto**

Não sinto qualquer dor ou desconforto

☐

Sinto alguma dor e desconforto

☐

Sinto dor e desconforto extremos

☐

8. Caso sinta dor ou desconforto assinale na escala seguinte, qual dos números descreve a sua situação.



**CUIDADOS MÉDICOS**

1. Quando visita o seu médico, com que frequência apresenta este tipo de questões (circule o número que melhor se adequa às suas respostas).

			Nunca	Quase nunca	Às vezes	Muitas vezes	Sempre
Prepara uma lista de questões/dúvidas Para o seu médico	0	1	2	3	4		
Faz questões sobre o seu tratamento ou Dúvidas relacionados com o mesmo	0	1	2	3	4		
Discute algum problema pessoal que pode estar relacionado com a sua doença	0	1	2	3	4		

2. Nos últimos 6 meses, quantas vezes visitou o seu médico?

\_\_\_\_\_vezes

3. Nos últimos 6 meses quantas vezes recorreu aos serviços de urgência do hospital?

\_\_\_\_\_vezes

4. Nos últimos 6 meses, quantas vezes esteve hospitalizado (uma noite ou mais)?

\_\_\_\_\_vezes

5. Quantas vezes o médico ou enfermeiro analisou os seus pés nos últimos 6 meses?

\_\_\_\_\_ vezes

#### QUALIDADE DE VIDA

1. Em relação à sua qualidade de vida, circule o número que melhor se adequa à sua situação.

			Nunca	Quase nunca	Às vezes	Muitas vezes	Sempre
Sente-se desencorajado/desanimado em relação ao seu problema de saúde	0	1	2	3	4		
Tem medo em relação ao seu estado de saúde no futuro	0	1	2	3	4		
A saúde é uma preocupação constante na sua vida	0	1	2	3	4		

2. Para os doentes que possuem complicações graves derivadas da diabetes, como por exemplo, pé diabético, qual a sua opinião em relação à necessidade de implementar novos métodos de deteção e diagnóstico que não sejam dolorosos e invasivos para o paciente?

☐ Discordo ☐ Indiferente ☐ Concordo ☐ Acho extremamente importante

#### PUSH

### PARTE 1

#### Direções

- Observe e meça a úlcera de pressão.
- Categorize a úlcera em relação:
  - Área de superfície;
  - Exsudato;
  - Tipo de tecido da ferida;
- Registe uma pontuação para cada uma dessas características da úlcera.
- Adicione as pontuações para obter uma pontuação final.

(Uma comparação das pontuações finais medidas ao longo do tempo favorece uma indicação da melhora ou deterioração na cicatrização da úlcera por pressão.

#### INSTRUÇÕES:

Observe e meça a úlcera de pressão. Caracterize a úlcera no que respeita à área de superfície, exsudado e tipo de tecido. Faça um registo do subtotal de cada uma destas características da úlcera. Some os subtotais para obter a pontuação total. A comparação das pontuações totais calculadas durante um período dá uma indicação do melhoramento ou deterioração da cicatrização da úlcera de pressão:

Comprimento X largura	0 0 cm <sup>2</sup>	1 < 0,3 cm <sup>2</sup>	2 0,3 - 0,6 cm <sup>2</sup>	3 0,7 - 1,0 cm <sup>2</sup>	4 1,1 - 2,0 cm <sup>2</sup>	5 2,1 - 3,0 cm <sup>2</sup>	SUB- TOTAL
		6 3,1 - 4,0 cm <sup>2</sup>	7 4,1 - 8,0 cm <sup>2</sup>	8 8,1 - 12,0 cm <sup>2</sup>	9 12,1 - 24,0 cm <sup>2</sup>	10 > 24 cm <sup>2</sup>	
Quantidade de exsudado	0 Nenhum	1 Escasso	2 Moderado	3 Abundante			SUB- TOTAL
Tipo de tecido	0 Tecido cicatrizado	1 Tecido de epitelização	2 Tecido de granulação	3 Tecido desvitalizado	4 Tecido necrótico		SUB- TOTAL
							TOTAL

**Comprimento x largura:** Meça o maior comprimento (no sentido da cabeça para os pés) e a maior largura (do sentido de um lado para o outro) usando uma régua em centímetros. Multiplique estas duas medidas (comprimento x largura) para obter uma área de superfície estimada em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>). Atenção: Não tente adivinhar! Use sempre uma régua em centímetros e utilize sempre o mesmo método de cada vez que a úlcera for medida.

**Quantidade de exsudado:** avalie a quantidade de exsudado (drenagem) presente após a remoção do penso e antes de aplicação de qualquer agente tópico na úlcera. Quantifique a exsudado (drenagem) como nenhum, escasso, moderado ou abundante.

**Tipo de tecido:** refere-se aos tipos de tecido presentes no leito da ferida (úlceras). Pontue com “4” se houver algum tipo de tecido necrótico. Pontue com “3” se houver alguma quantidade de tecido desvitalizado e se não houver tecido necrótico. Pontue com “2” se a ferida estiver limpa e contiver tecido de granulação. A ferida superficial que está em re-epitelização é pontuada com “1”. Quando a ferida estiver cicatrizada, pontue com “0”.

- 4 - **Tecido necrótico (dura):** tecido negro, castanho ou castanho-claro que adere firmemente ao leito da ferida ou aos bordos e que pode estar mais firme ou mole do que a pele circundante.
- 3 - **Tecido desvitalizado:** tecido amarelo ou branco que adere ao leito da ferida em fios ou camadas espessas ou com muco.
- 2 - **Tecido de granulação:** tecido cor-de-rosa ou vermelho-vivo com um aspecto brilhante, húmida e granulosa.
- 1 - **Tecido epitelial:** para úlceras superficiais, novo tecido cor-de-rosa ou brilhante (pele) que cresce a partir dos bordos ou como ilhas na superfície da úlcera.
- 0 - **Tecido cicatrizado/re-epitelizado:** a ferida está completamente coberta de epitélio (pele nova)

## PARTE 2

### Direções

Observe e meça as úlceras de pressão em intervalos regulares de tempo. Registe as pontuações e as pontuações finais obtidas na PARTE 1, no registo de recuperação no quadro abaixo.

REGISTO DE RECUPERAÇÃO DE ÚLCERA DE PRESSÃO										
DATA										
Comprimentos vs Largura										
Quantidade de Exsudato										
Tipo de Tecido										
Pontuação Total										

Pontuação Total	REGISTO DE RECUPERAÇÃO DE ÚLCERA DE PRESSÃO									
17										
16										
15										
14										
13										
12										
11										
10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
0										
DATA										

***Obrigado pela sua atenção!***

**Apêndice III:** Informação fornecida aos participantes sobre o modo de obtenção das imagens.



## **INFORMAÇÃO AOS VOLUNTÁRIOS**

Projeto de investigação:

# **Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da evolução dos tratamentos às úlceras diabéticas**

Centro Hospitalar do Porto, EPE

Escola Superior de Biotecnologia- Universidade Católica Portuguesa do Porto

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

### **1. O que é a úlcera diabética?**

A úlcera diabética é uma ferida crónica que ocorre em pessoas diagnosticadas com diabetes.

Normalmente, estas lesões começam a desenvolver a partir de calos, frieiras, corte ou um corpo estranho ao organismo. A ulceração do pé diabético está também associada à doença vascular periférica e neuropatia periférica ou à combinação de ambas. Na neuropatia, a sensibilidade do pé a pequenos traumas fica muito reduzida, o que permite que a pele fique danificada e ocorra infeção mais facilmente.

### **2. Em que consiste este estudo?**

Este estudo consiste em desenvolver uma métrica que consiga documentar a eficácia do tratamento a ser utilizado pelo paciente através da conjugação informações obtidas pela análise de imagens visível e térmica, bem como de uma escala clínica.

### **3. O que é um termograma?**

Um termograma é uma imagem da distribuição da temperatura à superfície da pele. Na imagem a seguir é possível ver um termograma de um pé:





A termografia infravermelha é um procedimento simples, rápido, não-invasivo, inofensivo e indolor, sendo, portanto, livre de riscos para os utentes ao contrário da maior parte das modalidades de diagnóstico. As imagens recolhidas vão ser usadas para fins clínicos e académicos, sendo que os dados de cada utente irão ser preservados e mantidos confidenciais, sendo toda a informação guardada de forma segura.

#### **4. O que é a escala PUSH?**

A escala PUSH (Pressure Ulcer Scale for Healing) é a escala de caracterização do processo de cicatrização da úlcera de pressão e é utilizada para acompanhar a cicatrização das úlceras em diferentes situações de cuidados médicos. Esta escala pode medir objetivamente o processo de cicatrização das úlceras em pés diabéticos. São utilizados três fatores para avaliar a condição da ferida: o seu tamanho (cm<sup>2</sup>), o tipo de tecido existente no leito da ferida e a quantidade de exsudato (fluido excretado aquando de uma inflamação).

#### **5. O que necessito que faça para participar neste projeto?**

Antes da captura dos termogramas, o participante terá de permanecer numa sala aclimatizada com a área de interesse exposta por um período de 10 minutos. Esse tempo será também para o preenchimento e de alguns formulários e para o participante tomar conhecimento das informações relativas ao estudo. Entre estes incluem-se, o consentimento informado e o questionário.

No dia da recolha algumas precauções deverão ser tomadas antes do período de recolha, tais como:

- Não ingerir uma refeição pesada até 2h antes do procedimento;
- Não participar em atividades desportivas ou de fisioterapia no dia do procedimento;
- Não ingerir bebidas alcoólicas e/ou fumar, num período até 2h antes do procedimento;
- Remover todo o tipo de bijuteria presente, próximo da área de interesse durante o período de captura;
- Não aplicar qualquer tipo de óleos ou cremes na superfície da pele na zona de interesse;
- Por fim, permanecer estático durante 10 minutos, sem cruzar pernas ou braços, ou entrar em contacto entre partes do corpo nas zonas de interesse para o exame.

#### **6. Quanto tempo vai durar?**

A participação de cada indivíduo neste projeto irá demorar aproximadamente 12 minutos (incluindo o tempo de aclimatização).

### **7. Vou ser pago pela minha participação?**

Infelizmente, este projeto não possui financiamento, pelo que não poderá receber qualquer pagamento pela sua participação neste estudo. Contudo, a sua participação irá contribuir significativamente para investigações importantes na área da utilização da termografia médica em indivíduos com pé diabético. Se o participante assim desejar, após a participação, as imagens recolhidas poderão também ser enviadas via email.

### **8. Vou ter custos com este projeto?**

A participação neste projeto não tem qualquer tipo de custo, as recolhas são realizadas durante a sua vinda à consulta especializada multidisciplinar do pé diabético.

### **9. Contacto**

**Nome:** Ana Catarina de Sá Moreira

**Instituição:** Escola Superior de Biotecnologia- Universidade Católica Portuguesa do Porto

**email:** acdsamoreira@gmail.com

**telemóvel:**918631408